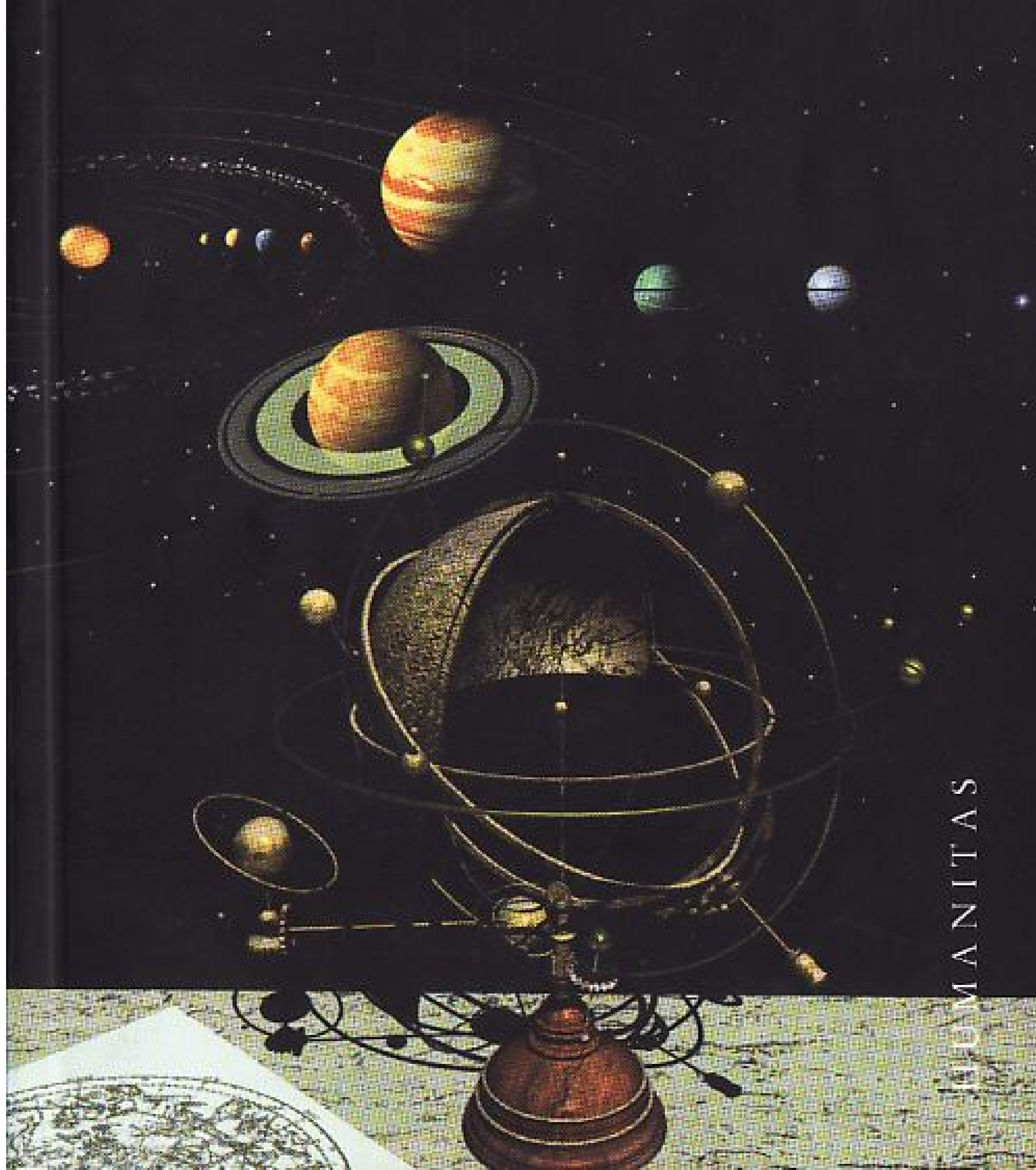
STEPHEN W. HAWKING

VISUL LUI EINSTEIN ȘI ALTE ESEURI



STEPHEN W. HAWKING s-a născut pe 8 ianuarie 1942, exact în ziua când se împlineau trei sute de ani de la moartea lui Galileo Galilei. După studii la Oxford și un doctorat susținut la Cambridge, Hawking devine titularul catedrei de matematică de la Cambridge, catedră în fruntea căreia s-a aflat, cu trei secole în urmă, Isaac Newton.

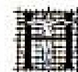
Împreună cu Roger Penrose a elaborat teoria asupra găurilor negre și a demonstrat că, în conformitate cu relativitatea generală, spațiul și timpul trebuie să fi avut un început în marea explozie (big bang). În ciuda unei boli care l-a țintuit în căruciorul cu rotile, Hawking și-a continuat cercetările, aflându-se în prima linie a fizicienilor care caută o teorie unificatoare ce ar explica întregul univers. Pe de altă parte, a publicat lucrări destinate publicului larg (*Scurtă istorie a timpului*, *Visul lui Einstein*), în care a oferit o imagine intuitivă asupra cercetărilor de vârf din fizica fundamentală. Este, probabil, cel mai cunoscut fizician de la Einstein încoace.

STEPHEN W. HAWKING

VISUL LUI EINSTEIN ȘI ALTE ESEURI

Traducere din engleză și cuvânt înainte de
GHEORGHE STRATAN

Control științific al traducerii de
MIHAI VIȘINESCU



HUMANITAS
BUCUREȘTI

Coperta
IONUȚ BROȘTIANU

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României
HAWKING, STEPHEN W.
Visul lui Einstein și alte eseuri / Stephen W. Hawking;
trad., pref.: Gheorghe Stratan. – București: Humanitas, 2007
ISBN 978-973-50-1752-1

I. Stratan, Gheorghe (trad.; pref.)

524.8
530.12

STEPHEN HAWKING
BLACK HOLES AND BABY UNIVERSES AND OTHER ESSAYS

EDITURA HUMANITAS
Piața Presei Libere 1, 013701 București, România
tel. 021/317 18 19, fax 021/317 18 24
www.humanitas.ro
Comenzi CARTE PRIN POȘTĂ: tel. 021/311 23 30,
fax 021/313 50 35, C.P.C.E. – CP 14, București
e-mail: cpp@humanitas.ro
www.librariilehumanitas.ro

CUVÂNT ÎNAINTE

Într-un interval relativ scurt, Editura Humanitas a publicat mai multe cărți consacrate unei teme de mare interes pentru categorii largi de cititori — originea și evoluția universului —, scrise fie din perspectivă istorică (Arthur Koestler, *Lunaticii*, colecția Istoria ideilor, 1995), fie în lumina științei actuale (John D. Barrow, *Originea universului*, 1994, Paul Davies, *Ultimele trei minute*, 1994 — ambele în colecția Science Masters — și Stephen Hawking, *Scurtă istorie a timpului*, 1994).

Dintre aceste lucrări se detașează *Scurtă istorie a timpului*, un bestseller mondial care detronează celebra carte a fizicianului american Steven Weinberg, laureat al Premiului Nobel, *Primele trei minute ale universului* (Ed. Politică, Idei contemporane, 1984) de pe locul cărții științifice cea mai bine vândută din lume. Cum este și firesc, toate aceste lucrări au multe puncte comune, obligatorii pentru completitudinea expunerii unui atare subiect. Ele diferă însă nu numai prin delimitările impuse de titluri, ci și — mai ales — prin modalitatea concretă de a prezenta publicului probleme științifice extrem de complicate. Din acest ultim punct de vedere, *Scurta istorie a timpului* a lui Hawking se apropie prin claritate și accesibilitate de *Primele trei minute* a lui Weinberg, față de care are avantajul reluării subiectului după progresele recente ale cosmologiei, datorate inclusiv autorului englez.

Ce loc ocupă însă actuala carte a lui Hawking față de lucrările mai sus amintite? *Visul lui Einstein* constituie o

lucrare legată genetic de *Scurtă istorie a timpului*. Hawking reia temele majore din prima carte, la care adaugă câteva capitole cu caracter autobiografic, menite să răspundă interesului manifestat de public față de autor după succesul uriaș al *Scurtei istorii*. Dar cartea de față nu este scrisă în umbra bestsellerului precedent, ea nefiind rezultatul exclusiv al rețetei de succes din prima carte. Cele două cărți se completează reciproc. *Visul lui Einstein* rămâne o carte de sine stătătoare, în multe privințe chiar mai reușită decât punctul ei de plecare.

În pofida infirmității sale, despre care Hawking scrie cu realism și detașare, descoperim în partea autobiografică a cărții un om plin de vervă intelectuală, posesorul unui umor... britanic, extins pe toată gama, de la (auto)ironie, la sarcasm, preocupat de problemele sociale, de progresul omenirii, de creșterea și educarea copiilor săi, ca și de comunicarea cu studenții și colegii, în fine, un om în adevăratul sens al cuvântului, căruia nu i-au fost cândva străine nici delăsarea (până la lene), nici plictisul (britanic și el) și nici experiența alcoolului.

Autoportretul modest pe care și-l face în carte lasă să se întrevadă totuși adevărata statură morală și intelectuală a eroului; Hawking este un adevărat erou al timpului nostru. O prejudecată răspândită ne face să-i căutăm pe eroi doar printre reprezentanții profesiunilor romantice sau „dure": exploratori, piloți de încercare, astronauți, oameni ai armelor etc. Tot atât de eroice, deși cu alte mijloace, pot fi însă și profesiuni ca aceea de fizician, medic sau filolog. Este relevant să evocăm aici cazul lui Pierre și Marie Curie, fizicieni de la începutul secolului nostru, care, conștienți de riscul la care se supuneau, au prelucrat tone de minerale radioactive pentru extragerea poloniului și radiului. Fizicianul român Horia Hulubei avea oasele mâinilor decalcifiate de razele X cu care efectua experimente, medicul Albert Schweitzer îi îngrijea pe leproșii din Africa încă înaintea descoperirii remediilor

care acum stopează boala, iar Perpessicius, cu vederea tot mai slabă, cerceta cu lupa manuscrisele lui Eminescu, cu riscul orbirii complete. Eroismul lui Hawking este de aceeași natură: el trebuie să-și învingă zilnic propria infirmitate și să ducă o luptă contra cronometru cu o boală necruțătoare, împotriva căreia fiecare zi în plus este smulsă cu încordarea tuturor forțelor morale și fizice. Cel de-al doilea front pe care combate savantul britanic este necunoscutul, reprezentat aici de procesele care stau la originea universului, pe calea lămuririi cărora ultimii ani au adus progrese însemnate. Hawking se află în avanpostul acestei lupte cu tainele naturii. Jurnalul ambelor fronturi se citește cu răsuflarea tăiată.

Traducerea cărții lui Hawking pune câteva probleme în plus față de lucrările obișnuite de popularizare a științei. Parcurgând paginile capitolelor autobiografice, cititorul va afla că, pentru a intra în comunicație cu semenii săi, Hawking se folosește de un calculator special programat. Chiar și așa, autorul trebuie să facă eforturi considerabile, pe care încearcă să le evite printr-o maximă economie de mijloace de expresie. După cum se știe, limba engleză nu evită repetițiile sau stereotipurile, pe care le folosește de obicei chiar atunci când limba română le evită. Autorul englez accentuează de nevoie această caracteristică. Pe de altă parte, se întâlnesc destule formulări eliptice care îngreunează înțelegerea și traducerea unor pasaje. Aceste dificultăți au fost abordate în mod diferențiat. În partea autobiografică a cărții, traducătorul a încercat respectarea cât mai fidelă a originalului, folosind pentru diversificarea expresiei un minimum de sinonime românești. În partea științifică s-a urmărit redarea cât mai transparentă a textului, intervenind modificări față de stilul eliptic din original.

Cosmologia contemporană reprezintă un domeniu extrem de dinamic al științei; ea înglobează rezultatele cele mai noi din matematică, fizică și astronomie într-o

adevărată sinteză a cunoștințelor despre natură acumulate în ultimele decenii. Teoriile cosmologice au abordat cu îndrăzneală — și cu real succes — probleme considerate până de curând de apanajul exclusiv al teologiei sau filozofiei; știința bate la porțile Creației și scrutează Apocalipsul. Odată cu aparatul matematic al teoriilor, se elaborează noile concepte de bază ale cosmologiei și pătrund în limbajul științific și profan noțiuni noi desemnate prin cuvinte noi.

Reflectând o realitate a lumii contemporane, majoritatea noilor termeni provin din limba engleză, în care sunt scrise articolele din literatura internațională de specialitate. Chiar atunci când termenii au o altă etimologie, scrierea și (sau) pronunțarea lor sunt influențate de această limbă. Deoarece știința are un caracter universal, există o adevărată presiune (exercitată conștient sau instinctiv) din partea cercurilor științifice naționale pentru adoptarea terminologiei internaționale în limba proprie. Sursa terminologiei internaționale nu constă numai din literatura de specialitate, unde apar termenii deja consacrați ori pe cale de consacrare. Termenii cei mai noi provin din grupurile multinaționale din care sunt formate marile centre de cercetare, adevăratul creuzet al cercetării. Adopția termenilor străini nu este însă totdeauna fericită ori strict necesară; aproape mereu apar probleme pentru soluționarea cărora nu ajunge competența celor care îi vehiculează. În cercurile de specialitate se poate auzi deseori un jargon hibrid, supărând auzul ca gramatica lui Măcărescu pusă de Ion Creangă în gura lui Trăsnea.

În fața unei astfel de situații, instituțiile academice din diferite țări au reacționat în moduri diverse. Veghind la puritatea limbii franceze, Academia din Hexagon a reușit să impună o lege privind limitarea folosirii neologismelor de extracție engleză, reglementare care, prin strictețea ei, a stârnit și proteste, nu numai ironii. Reacția Academiei Române nu a urmat idiosincrazia franceză, fiind mai...

academică. Poziția lingviștilor și traducătorilor români față de acest fenomen a fost exprimată recent printr-un ciclu de conferințe ținute sub cupola Academiei. Dr. Mioara Avram a prezentat fenomenul îmbogățirii vocabularului pe seama importului de cuvinte din engleză, iar Prof. Mircea Flonta, problemele traducerii filozofiei germane în română. Asemenea expuneri au rolul important de a influența opinia specialiștilor, ca și pe aceea a publicului, dar nu pot — și nici nu și-au propus — să se substituie unor reglementări care să orienteze absorbția cuvintelor noi de origine străină, venite dinspre științe sau filozofie. Până la apariția unei metodologii unitare sau, în cazul în care aceasta nu este posibilă, până la analizarea termen cu termen a vocabularului științific în curs de formare, proliferează termeni dificil de încadrat în regulile gramaticale sau de-a dreptul stranii. Există multe cazuri în care comoditatea sau (și) absența simțului limbii duc la adoptarea unor termeni străini pentru care există termeni românești perfect valabili.

Lipsa de colaborare a lingviștilor cu oamenii de știință din domeniile producătoare de termeni noi are drept consecință alterarea limbajului și, pe termen lung, poate avea efecte ireparabile: termenii greșiți sau improprii au, așa după cum remarca Dr. Mioara Avram la conferința amintită, o vitalitate ieșită din comun.

Din nefericire, astfel de procese de definitivare a situațiilor anormale au avut loc și în trecut și continuă și în ziua de astăzi. Exemple găsim în multe lucrări de știință și filozofie, dar și în dicționare. În versiunea română a celebrei lucrări a lui Thomas S. Kuhn, *Tensiunea esențială* (Ed. Științifică și Enciclopedică, 1982), p. 99, găsim, de pildă, următoarele: „Galilei a descoperit [...] frecarea în mișcarea pendulei." Termenul adecvat este însă „pendul", folosit în fizică pentru dispozitivul respectiv (un corp greu, atârnat de un punct fix cu ajutorul unui fir inextensibil. Pendula este orologiul cu un pendul rigid.

Așadar se scrie corect (cf. Dicționarului Enciclopedic Român) „legile pendulului" și nu „legile pendulei". Dicționarul general al limbii române al lui Vasile Breban nu face însă distincție între „pendul" și „pendulă", pe care le consideră sinonime. Cuvântul din originalul englezesc este *pendulum* provenit din latină, prin care se înțelege însă numai dispozitivul fizic oscilant, nu ceasul (vezi Dicționarul Webster, 1968). Confuzia pendul–pendulă provine probabil de la faptul că în limba latină cuvântul este un adjectiv (atârnat) care are toate trei genurile (vezi Dicționarul Latin-Român al lui G. Guțu, Ed. Științifică și Enciclopedică, 1983), englezii preferând forma neutră, folosită pentru acest dispozitiv încă în lucrările scolastice.

Cazul pendulului este unul vechi, în care ar fi existat destul timp pentru o reglementare. Cuvintele mai noi decât acesta din urmă, datând din secolul nostru, din ultimele decenii, și în special cele mai recente, se află într-o situație mai neclară. Dacă un termen cum este adjectivul „cuantic", folosit în sintagma „mecanica cuantică", a fost preluat din franceză (*mécanique quantique*), aproape așa cum sună în această limbă (și nu din engleză, în care termenul este *Quantum Mechanics*), dar cu o transcripție adecvată limbii române, care permite flexiunea cuvântului, cu totul altul este statutul substantivului care în engleză se scrie *quark* (termen inventat în deceniul al șaselea de fizicienii americani pentru a denumi o categorie de particule subnucleare). Forma „quarc", adoptată de Michaela Ciodaru în traducerea precedentei cărți a lui Hawking, se află la jumătatea drumului între preluarea directă (nemodificată) a termenului englez, prezentă în multe lucrări românești de popularizare sau în cursurile de specialitate în limba română, și forma adoptată în traducerea noastră. Forma nemodificată ridică probleme greu de soluționat; cum trebuie oare să se formeze pluralul: un quark, doi quarki, ori un quark, două quarkuri? Dintre formele quark, quarc și cuarc, aici s-a optat pentru ultima (deci un cuarc,

doi cuarci), propusă de traducător într-o serie de articole de popularizare încă acum două decenii și folosită consecvent în câteva traduceri inaugurate cu cartea citată a lui Weinberg. În alegerea acestei variante, am pornit de la modul în care a fost adoptat termenul de mecanică cuantică, unde qua = cua, iar que = că.

Pentru termenii cei mai recenți, ca și pentru înțelegerea unor probleme delicate de gravitație cuantică, traducătorul a primit ajutorul competent al Dlui Dr. Mihai Vișinescu, cercetător principal gr. I la Institutul de Fizică Atomică, unul dintre puținii teoreticieni români cu lucrări în acest domeniu. De multe ori, atunci când se traduce o carte cum este cea de față, nu ajunge calificarea pe domeniul general de care ține problematica lucrării, fiind necesar apelul la specialiști care cunosc din propria lor activitate subiectele abordate. Această împrejurare demonstrează încă o dată importanța, și din acest punct de vedere, a cercetării științifice, fără de care este imposibilă până și traducerea corectă a unei cărți adresate unui public larg, cum este cartea lui Stephen Hawking.

GHEORGHE STRATAN
4 mai 1997

PREFAȚĂ

Acest volum conține o colecție de eseuri pe care le-am scris în perioada 1976–1992. Subiectele lor variază de la schițe biografice, la filozofia științei și la încercări de a împărtăși cititorilor atracția pe care o resimt față de știință și univers. Volumul se încheie cu o transcriere a emisiunii intitulate *Discuri pe o insulă pustie*, în care am apărut. Acest program este unul tipic britanic, în care invitatul (sau invitata) este rugat(ă) să-și imagineze că se află departe pe o insulă pustie și i se cere să-și aleagă opt discuri cu care ar dori să rămână până la salvare. Din fericire, n-am avut prea mult de așteptat până să mă reîntorc la civilizație.

Deoarece articolele din carte au fost scrise de-a lungul unei perioade de șaisprezece ani, ele reflectă starea de atunci a cunoștințelor mele, care, așa cum sper, au sporit între timp. Din acest motiv, am datat eseurile și am menționat ocazia cu care au fost scrise. Cum fiecare dintre ele trebuia să fie de sine stătător, există anumite repetiții. Am încercat să le reduc, dar unele tot mai rămân.

Câteva piese din acest volum au fost destinate expunerii orale. Vocea mea era neclară, astfel că a trebuit să țin lecții și seminarii printr-o altă persoană, de obicei unul dintre studenții care lucrau cu mine și care mă înțelegeau sau care puteau citi un text scris de mine. În 1985, însă, am suferit o operație care m-a lăsat complet fără voce. Am rămas un timp fără vreun fel de mijloc de comunicare. În cele din urmă, am fost echipat cu un sistem computerizat

și cu un sintetizator de voce remarcabil. Spre surpriza mea, am descoperit că pot fi un vorbitor cu succes la public, având acces la o largă audiență. Îmi place să explic probleme de știință și să răspund la întrebări. Sunt sigur că am încă mult de învățat ca să iasă totul mai bine, dar sper că sunt în progres. Puteți să decideți singuri dacă așa este, citind paginile cărții.

Nu sunt de acord cu punctul de vedere că universul este un mister, despre care am putea avea numai intuiții, fără a-l putea însă analiza sau înțelege vreodată în întregime. Cred că această opinie nedreptățește revoluția științifică pornită cu patru sute de ani în urmă de Galilei și desăvârșită de Newton. Ei au arătat că, în cel puțin câteva regiuni, universul nu se comportă în mod arbitrar, ci este guvernat de legi matematice precise. De atunci, după ani și ani, noi am extins opera lui Galilei și Newton la aproape fiecare parte a universului. Avem acum legi matematice care guvernează tot ceea ce cunoaștem în mod obișnuit. O măsură a succesului nostru este faptul că acum cheltuim miliarde de dolari pentru construirea unor mașini gigantice cu care accelerăm particule la energii atât de mari încât nici nu știm ce se va întâmpla cu ele când se vor ciocni. Aceste particule de energii foarte înalte nu se produc în situații normale pe pământ, astfel că alocarea unor mari sume pentru a le studia ar putea să pară o treabă exclusiv academică și inutilă. Dar în universul timpuriu aceste particule au existat, astfel că, dacă vrem să înțelegem cum a apărut universul și cum am apărut noi înșine, trebuie să aflăm ce se întâmplă la astfel de energii.

Mai există încă o mulțime de lucruri despre univers pe care nu le știm sau pe care nu le înțelegem. Dar progresele remarcabile realizate mai ales în ultimii o sută de ani trebuie să ne insufle încrederea că o înțelegere completă nu poate să fie mai presus de puterile noastre. Nu putem fi condamnați să orbecăim pentru totdeauna în întuneric.

Vom răzbate și vom formula o teorie completă a universului. În acest caz, vom fi cu adevărat Stăpânii lui.

Articolele științifice din acest volum au fost scrise cu convingerea că universul este guvernat de o ordine pe care o putem percepe parțial acum și pe care o vom putea înțelege pe deplin într-un viitor nu prea îndepărtat. S-ar putea ca această speranță să nu fie decât un miraj; s-ar putea ca o teorie finală nici să nu existe și, chiar dacă ar exista vreuna, s-ar putea să n-o găsim. Dar este cu siguranță mai bine să ne zbatem pentru o înțelegere completă decât să abandonăm disperării spiritul omenesc.

STEPHEN HAWKING
31 martie 1993

1
COPILĂRIA*

M-am născut la 8 ianuarie 1942, la exact trei sute de ani de la moartea lui Galilei.**

Totuși, estimez că în aceeași zi s-au mai născut încă două sute de mii de copii. Nu știu dacă vreunul dintre aceștia s-a ocupat mai târziu de astronomie. Deși părinții mei locuiau la Londra, eu m-am născut la Oxford. A fost să fie așa, deoarece la Oxford era bine să te naști în timpul celui de-al doilea război mondial: nemții obținuseră o înțelegere conform căreia, dacă nu vor bombarda orașele Oxford și Cambridge, englezii nu vor bombarda Heidelbergul și Göttingenul. Păcat că modul acesta civilizat de înțelegere nu a putut fi extins la mai multe orașe.

Tatăl meu era din Yorkshire. Bunicul lui — străbunicul meu — a fost un fermier bogat. El a cumpărat însă prea multe ferme și, pe vremea crizei agriculturii de la începutul acestui secol, a dat faliment. Evenimentul i-a lăsat pe părinții tatălui meu într-o situație dificilă, dar ei au reușit să-și trimită fiul la Oxford, unde a studiat medicina. După studii, tata s-a ocupat cu cercetarea în domeniul

* Acest eseu și următorul sunt bazate pe o conferință ținută la Societatea internațională de boli neuro-motorii la Zürich în septembrie 1987 și a fost combinat cu un material scris în august 1991.

** Se speculează mult pe tema unor astfel de coincidențe. Galilei însuși s-a născut cu câteva zile înaintea morții lui Michelangelo. Unul dintre elevii lui Galilei a încercat să falsifice data nașterii maestrului său, pentru a face să coincidă cele două date. Apoi, Newton s-a născut în anul morții lui Galilei etc. (*N. t.*)

medicinei tropicale și a plecat în 1937 în Africa de Est. Atunci când a început războiul, el a întreprins o călătorie de-a latul Africii, pentru a lua un vapor spre Anglia, unde s-a înscris voluntar în armată. I s-a spus însă că este mai valoros pentru cercetarea medicală.

Mama s-a născut la Glasgow, în Scoția, fiind a doua în familia unui doctor cu șapte copii. Familia ei s-a mutat în sud, la Devon, când mama avea doisprezece ani. Ca și familiei tatălui meu, nici lor nu le mergea prea bine. Totuși, ei au reușit să o trimită pe mama la Oxford. După studiile de la Oxford, ea a avut mai multe ocupații, dintre care aceea de inspector al impozitelor, care nu i-a plăcut. A părăsit acest serviciu ca să devină secretară. Așa l-a întâlnit pe tata în primii ani ai războiului.

Locuiam în Highgate, în nordul Londrei. Sora mea Mary s-a născut la optsprezece luni după mine. Mi s-a spus că n-am primit cu bucurie venirea ei pe lume. În tot timpul copilăriei a existat între noi o încordare, alimentată de mica diferență de vârstă. Totuși, mai târziu, în viața adultă, tensiunea a dispărut, iar noi am apucat pe căi diferite. Ea a devenit medic, ceea ce i-a plăcut tatei. Sora mea mai mică, Philippa, s-a născut când eu aveam cinci ani și când eram capabil să înțeleg ce se întâmplă. Îmi amintesc cum așteptam să vină pe lume, astfel încât să fim trei copii la joacă. Ea era o fetiță foarte sensibilă și cu un caracter deschis. I-am respectat totdeauna judecățile și părerile. Fratele meu Edward s-a născut mult mai târziu, când eu aveam paisprezece ani, astfel că de-abia a pătruns în copilăria mea. Era foarte diferit de ceilalți trei copii, fiind departe de cariera academică sau intelectuală. Asta a fost, probabil, bine pentru noi. Era un copil dificil, dar nu puteai să nu-l iubești.

Cea mai timpurie amintire a mea datează de la creșa de la Casa Byron din Highgate, când plângeam ca ieșit din minți. În jurul meu, toți copiii se jucau cu ceea ce mi se părea că sunt niște jucării minunate. Doream să mă joc

cu ei, dar aveam doi ani și jumătate și era pentru prima dată când fusesem lăsat cu oameni pe care nu-i cunoșteam. Cred că părinții au rămas surprinși de reacția mea, deoarece eram primul lor copil și ei citiseră în manualele de dezvoltare infantilă că relațiile sociale ale copiilor încep de la doi ani. Așa că m-au luat acasă după dimineața aceea îngrozitoare și nu m-au mai trimis la Casa Byron decât după un an și jumătate.

Pe atunci, în timpul războiului și imediat după acesta, Highgate era o zonă în care trăia un număr de oameni din mediul științific și academic. Într-o altă țară, aceștia ar fi fost considerați intelectuali, dar englezii nu au admis niciodată că ar fi avut vreun fel de intelectuali. Toți părinții își trimiteau copiii la școala de la Casa Byron, foarte progresistă pentru acea vreme. Îmi amintesc cum mă plângeam părinților că nu mă învață nimic. Dar ei nu aveau încredere în ceea ce era pe atunci metoda acceptată de a-i turna cuiva știința în cap. În locul ei, se presupunea că trebuie să înveți să citești fără ca măcar să-ți dai seama că ești învățat să o faci. În cele din urmă, am învățat totuși să citesc, dar nu înaintea frumoasei vârste de opt ani. Sora mea, Philippa, a fost învățată să citească prin metode mai convenționale și citea de la patru ani. Dar atunci ea era în mod clar mai isteață decât mine.

Locuiam într-o casă victoriană înaltă și îngustă, pe care părinții mei au cumpărat-o foarte ieftin în timpul războiului, când toți credeau că Londra va fi făcută una cu pământul de bombe. De fapt, o rachetă V2 a căzut la câteva case de a noastră. Eram plecat cu mama și sora, dar tata era acasă. Din fericire, n-a fost rănit, iar casa n-a fost serios avariată. Ani de zile după aceea s-a mai păstrat o groapă mai jos pe stradă, unde mă jucam de obicei cu prietenul meu, Howard, care locuia trei case mai sus. Howard era pentru mine o revelație, deoarece părinții lui nu erau intelectuali, ca toți părinții celorlalți copii pe care îi cunoșteam. El mergea la școala comunală, nu la Casa Byron, și știa

o groază de lucruri despre fotbal și box, sporturi pe care părinților mei nici nu le trecea prin cap să le urmărească.

O altă amintire timpurie este primirea primului tren de jucărie. În timpul războiului nu se fabricau jucării, cel puțin nu pentru piața internă. Eu eram însă pasionat de modelele de trenuri. Tata a încercat să-mi construiască un tren de lemn, dar acesta nu mă satisfăcea, deoarece eu voiam unul care să meargă singur. Așa că tatăl meu a găsit un tren cu arc, de ocazie, l-a reparat cu ciocanul de lipit și mi l-a dăruit de Crăciun, când aveam patru ani. Trenul nu mergea însă prea bine. Imediat după război, tatăl meu a călătorit în America, iar când s-a întors de acolo cu nava Queen Mary, i-a adus mamei ciorapi de nylon, care nu se găseau pe atunci în Marea Britanie. Surorii mele, Mary, i-a adus o păpușă care închidea ochii când o culcai. Iar mie mi-a adus un tren american, completat de un curățitor de linie și de o linie în formă de opt. Îmi aduc bine aminte și acum emoția cu care am deschis cutia.

Trenurile cu arc erau bune, dar ceea ce doream eu cu adevărat era un tren electric. Obișnuiam să petrec ore întregi privind un model de trenuleț la un club din Crouch End, de lângă Highgate. Visam la un tren electric. În sfârșit, odată, pe când amândoi părinții erau plecați, m-am folosit de ocazie ca să scot de la banca oficiului poștal toată suma modestă de bani primită de la diverse persoane cu ocazii speciale, cum ar fi de pildă botezul. Am folosit banii ca să cumpăr un trenuleț electric, dar, spre dezamăgirea mea, acesta nu mergea bine. Astăzi știm bine care sunt drepturile cumpărătorului. Ar fi trebuit să restitui trenulețul și să cer magazinului sau producătorului să mi-l înlocuiască, dar pe atunci prevala atitudinea că a cumpăra ceva este un privilegiu și că în cazul în care ceva nu merge este ghinionul tău. Așa că am plătit pentru reparații, dar trenulețul nu a mers prea bine niciodată.

Mai târziu, după vârsta de treisprezece ani, am construit aeromodele și navomodele. N-am fost niciodată

foarte îndemânatic, dar lucram împreună cu prietenul meu de la școală, John McClenahan, care se descurca mult mai bine și al cărui tată avea un atelier acasă. Țelul meu a fost totdeauna să construiesc modele care să funcționeze și pe care să le dirijez. Nu mă interesa cum arată. Cred că era vorba de aceeași pasiune care m-a împins să inventez împreună cu un alt prieten, Roger Ferneyhough, o serie de jocuri foarte complicate. Era un joc cu fabrici, cu unități diferit colorate, cu drumuri și căi ferate pe care erau transportate produsele și cu o bursă de valori. Mai era și un joc de-a războiul, desfășurat pe o planșetă cu patru mii de pătrățele, și chiar un joc feudal în care fiecare jucător reprezenta o întreagă dinastie, cu arborele genealogic al familiei. Cred că aceste jocuri, la fel ca și trenulețele, vaporașele și avioanele, veneau din nevoia de a ști cum funcționează lucrurile și cum trebuie dirijate. De când mi-am început teza de doctorat, această nevoie mi-a fost împlinită de cercetarea cosmologică. Dacă știi cum funcționează universul, îl controlezi într-un fel.

În 1950 tatăl meu s-a mutat cu lucrul de la Hampstead, aflat lângă Highgate, la noul Institut Național de Cercetări Medicale de la Mill Hill, la marginea nordică a Londrei. În loc să călătorească de la Highgate, părea mai convenabil să se mute în afara Londrei și să facă naveta în oraș. Părinții au cumpărat deci o casă în orășelul St. Albans, reședința episcopală, la circa zece mile de Mill Hill și la douăzeci de mile la nord de Londra. Era o casă victoriană încăpătoare, elegantă și cu un anume farmec. Părinții mei nu erau prea bogați când au cumpărat-o și au avut multe de făcut ca să se poată muta acolo. După aceasta, tatăl meu, ca unul născut în Yorkshire, a refuzat să mai plătească pentru vreo reparație. În schimb, a făcut totul ca să continue cu reparatul și zugrăvitul de unul singur, dar era o casă mare, iar el nu era îndemânatic la asemenea treburi. Casa era așa de bine construită, că a rezistat acestor neglijențe. Părinții mei au vândut-o în 1985, când tatăl meu

era foarte bolnav (avea să moară în 1986). Am revăzut recent casa. Nu părea să mai fi lucrat cineva la ea, dar arăta aproape la fel.

Casa fusese destinată unei familii cu servitori, iar în oficiu exista un pupitru indicând de unde suna clopoțelul. Desigur că noi nu aveam servitori, iar primul meu dormitor a fost o cămăruță în formă de L, care fusese probabil camera bonei. Am cerut-o la sfatul verișoarei mele, Sarah, care era ceva mai mare decât mine și pe care o admiram mult. Mi-a spus că o să ne distrăm grozav acolo. Una dintre atracțiile camerei era că puteai urca de pe fereastră pe acoperișul sub care stăteau bicicletele și, de aici, puteai coborî în curte.

Sarah era fata lui Janet, sora cea mai mare a mamei. Ea urmase medicina și era măritată cu un psihanalist. Locuiau într-o casă asemănătoare la Harpenden, un sat aflat la cinci mile mai la nord. Acesta era unul dintre motivele pentru care ne mutasem la St. Albans. Pentru mine era un avantaj grozav să fiu aproape de Sarah și luam deseori autobuzul spre Harpenden. St. Albans se afla lângă ruinele vechiului Verulamium, care fusese cel mai important oraș roman din Britania, după Londra. În Evul Mediu, acolo fusese cea mai bogată mânăstire din Britania, construită lângă capela Sfântului Alban, un centurion roman despre care se zicea că ar fi fost prima persoană din Britania executată pentru credința sa creștină. Tot ce rămăsese din abație era biserica, mare și cam urâtă, și vechea clădire de la intrare, acum parte componentă a școlii din St. Albans, pe care am frecventat-o mai târziu.

Comparat cu Highgate sau cu Harpenden, St. Albans era un loc plicticos și conservator. Părinții mei nu și-au prea făcut prieteni acolo. În parte era vina lor, deoarece erau foarte retrași, mai ales tata. Dar aceasta reflecta și faptul că erau deosebiți de ceilalți locuitori; cu siguranță, nici unul dintre părinții colegilor mei de la școala din St. Albans nu putea fi descris ca intelectual.

La Highgate, familia noastră păruse destul de normală, dar la St. Albans eram fără discuție priviți ca niște excentrici. Această percepție era întărită de comportarea tatălui meu, căruia nu-i păsa deloc de conveniențe, dacă astfel putea economisi ceva bani. În tinerețe, familia lui fusese foarte săracă, iar această situație a lăsat urme durabile asupră-i. El nu suporta să cheltuiască bani pentru propriul său confort, chiar atunci când, după mulți ani, ar fi avut de unde. Tata a refuzat să introducă încălzire centrală, chiar când suferea rău de frig. Purta în schimb mai multe pulovere și un halat de casă deasupra îmbrăcămintei normale. Era totuși foarte generos față de ceilalți.

În anii '50, el a considerat că nu poate să-și permită o mașină nouă, așa că a cumpărat un taxi dinaintea războiului și a construit un adăpost militar tip Nissen drept garaj. Vecinii s-au indignat, dar nu ne-au putut opri. Ca mai toți băieții, eu simțeam nevoia să mă conformez și eram incomodat de părinți. Dar nu i-am supărat niciodată.

La sosirea la St. Albans, am fost trimis la gimnaziul de fete, care, în pofida numelui, primea băieți până la vârsta de zece ani. Am urmat acolo un trimestru. Apoi, tatăl meu a plecat într-una din vizitele sale anuale în Africa, de data aceasta pentru o perioadă mai lungă, de patru luni. Mama n-a dorit să rămână singură atâta vreme și ne-a luat pe toți trei, pe cele două surori și pe mine, ca s-o viziteze pe Beryl, colega ei de școală, care era măritată cu poetul Robert Graves. Ei locuiau într-un sat numit Deya, pe insula spaniolă Mallorca. Trecuseră numai cinci ani de la război, iar dictatorul Spaniei, Francisco Franco, fostul aliat al lui Hitler și Mussolini, era încă la putere. (Avea să mai rămână la putere încă două decenii.) Și totuși, mama, care fusese înainte de război membră a Ligii tineretului comunist, a plecat spre Mallorca împreună cu trei copii mici cu trenul și cu vaporul. Am închiriat o casă în Deya și am petrecut acolo zile minunate. Aveam același meditator cu William, fiul lui Robert. Meditatorul era protejatul lui Robert și se

preocupa mai mult de scrierea unei piese pentru festivalul de la Edinburg, decât de lecții. Prin urmare, el ne punea să citim un capitol din Biblie pe zi și să scriem o compunere pe tema lecturii. Ideea era să ne familiarizeze cu frumusețile limbii engleze. Înainte de reîntoarcere, am reușit să parcurgem toată Geneza și o parte din Exod. Unul dintre lucrurile cele mai importante pe care le-am învățat cu acest prilej a fost să nu încep o frază cu *și*. Am remarcat că aproape toate frazele din Biblie încep cu *și*, dar mi s-a spus că, de la regele James, engleza s-a schimbat. Atunci, am întrebat eu, de ce ne pune să citim Biblia? Dar a fost în zadar. Pe vremea aceea, Robert Graves era pasionat de simbolismul și misticismul Bibliei.

La întoarcerea din Mallorca, am fost trimis pentru un an la altă școală, după care am susținut examenul care se chema „unsprezece plus". Era vorba despre un test de inteligență la care erau supuși toți copiii care doreau să urmeze școli de stat. Proba a fost acum abolită, în special deoarece un număr de copii din clasa de mijloc nu o treceau și erau trimiși la școli speciale. Dar, de obicei, eu mă prezentam mult mai bine la teste și la examene decât la cursuri, astfel că am luat „unsprezece plusul" și am obținut un loc la școala locală din St. Albans.

La treisprezece ani, tata a vrut să încerc să intru la Școala Westminster, una dintre cele mai importante școli „publice" — adică private. Exista pe atunci o diviziune foarte marcată între diversele categorii de învățământ. Tatăl meu avea impresia că lipsa unei poziții și a relațiilor îl dezavantajase în favoarea unora cu mai puține merite, dar cu o prezență mai bine cotată în societate. Deoarece părinții mei nu erau bogați, trebuia să obțin o bursă. Eram sătul de atâtea examene și pe acesta nu l-am luat. Am rămas deci la școala din St. Albans. Am învățat acolo la fel de multe lucruri, dacă nu mai multe, decât aș fi învățat la Westminster. Nu am socotit niciodată că lipsa abilităților sociale ar fi constituit vreun handicap pentru mine.

Învățământul englez era foarte ierarhizat pe atunci. Nu numai că școlile erau împărțite în cele academice și cele neacademice, dar până și școlile academice erau divizate în continuare în serii paralele: A, B și C. Totul era în ordine pentru cei din seria A, dar lucrurile nu stăteau așa de bine pentru cei din seria B și era rău pentru cei din seria C, care se simțeau descurajați. Pe baza rezultatelor de la examenul „unsprezece plus", eu am fost pus în seria A. Dar, în fiecare an, toți cei care se clasificau mai jos de cel de-al douăzecilea din clasă erau retrogradați în seria B. Era o prăbușire atât de teribilă în încrederea lor față de ei înșiși, încât nu-și mai reveneau niciodată. În primele mele două trimestre de la St. Albans, m-am clasificat al douăzeci și patrulea și al douăzeci și treilea, dar în cel de-al treilea trimestru, am ajuns al optsprezecelea și astfel am scăpat la limită.

N-am fost niciodată mai sus de jumătatea clasei. (Era o clasă strălucită.) Temele mele de acasă arătau foarte neîngrijite, scrisul meu era disperarea profesorilor, dar colegii m-au poreclit Einstein, dovadă că ei vedeau probabil semne de mai bine. Când aveam doisprezece ani, unul dintre prieteni a pariat cu altul pe o pungă cu dulciuri că nu va ieși nimic din mine. Nu știu dacă pariul a fost dus până la capăt, iar dacă da, nu știu cine l-a câștigat.

Am avut șase sau șapte prieteni, iar cu majoritatea am rămas în contact. Aveam de multe ori discuții îndelungate și dispute despre orice, de la modelele teleghidate până la religie și de la parapsihologie la fizică. Un subiect de discuție era originea universului și dacă acesta a avut nevoie de un Dumnezeu care să-l creeze și să-l pună în mișcare. Auzisem că lumina de la galaxiile îndepărtate se deplasează spre capătul roșu al spectrului și că aceasta oferea o indicație privind expansiunea universului. (O deplasare spre violet ar fi indicat o contracție.) Eram însă sigur că trebuia să existe o altă explicație pentru abaterea spre roșu. Poate că lumina obosește și devine mai roșie

în drum spre noi. Un univers esențial neschimbat și veșnic părea să fie mult mai natural. Numai după doi ani de cercetări în cadrul doctoratului am înțeles că n-aveam dreptate.

Ajungând în ultimii doi ani de școală, am dorit să mă specializez în matematică și fizică. Aveam un profesor de matematică plin de inspirație, dl Tahta, iar școala tocmai construise o clasă nouă de matematică, pe care grupul de matematicieni o luase în stăpânire. Dar tatăl meu a fost categoric împotrivă. El credea că matematicienii nu vor avea alt debușeu decât învățământul. Lui i-ar fi plăcut să urmez medicina, dar pe mine nu mă interesa deloc biologia, care-mi părea prea descriptivă și nu îndeajuns de fundamentală. Mai avea și un statut nu prea favorabil în școală. Băieții cei mai străluciți urmau matematica și fizica, iar cei mai modești — biologia. Tatăl meu știa că nu voi urma biologia; m-a făcut să urmez chimia și numai în mică măsură matematica. El credea că în acest fel îmi va păstra deschise opțiunile. Acum sunt profesor de matematică, dar n-am primit nici un fel de lecții sistematice de matematică de când am absolvit școala din St. Albans, la vârsta de șaptesprezece ani. A trebuit să dobândesc singur pe drum toată matematica pe care o știu. Obișnuiam să supervizez studenții de la Cambridge și învățam cursurile cu o săptămână înaintea lor.

Tatăl meu se ocupa cu cercetarea în domeniul bolilor tropicale și avea obiceiul să mă ia cu el în laboratorul lui de la Mill Hill. Mie îmi plăcea acolo, și mai ales să mă uit la microscop. Mă mai ducea și în camera insectelor, unde ținea țânțarii infectați cu boli tropicale. Îmi era frică, deoarece mi se părea mereu că împrejur zboară câțiva țânțari liberi. Tata lucra foarte mult și cu abnegație. Era necăjit simțind că alții, care nu erau așa de buni ca el, dar care aveau altă origine și relații mai bune, i-o luaseră înainte. De obicei mă avertiza împotriva unor astfel de persoane. Eu cred însă că fizica este oarecum diferită de medicină.

Nu contează de la ce școală vii sau cu cine ești rudă. Contează ce faci.

M-a interesat mereu cum funcționează lucrurile și obișnuiam să desfac totul în părțile componente ca să aflu cum merg, dar nu eram în stare să le montez la loc. Aptitudinile mele practice nu se ridicau niciodată până la nivelul interogațiilor mele teoretice. Tatăl meu mi-a încurajat interesul pentru știință, ba chiar m-a îndrumat în matematică atâta timp cât i-au permis cunoștințele. Cu această pregătire, și ținând seama de profesia tatălui, mi s-a părut firesc să intru în cercetarea științifică. Atunci când eram mai mic, nu făceam distincție între un fel de știință și altul. Dar, la vârsta de treisprezece sau paisprezece ani, știam deja că doresc să fac cercetare în fizică, deoarece era știința fundamentală prin excelență. Și aceasta în pofida faptului că, fiind atât de ușoară și de la sine înțeleasă, fizica era obiectul cel mai plictisitor din școală. Chimia era mult mai distractivă, datorită lucrurilor neașteptate care se întâmplau mereu, cum ar fi exploziile. Dar fizica și astronomia ofereau speranța de a înțelege de unde venim și de ce suntem aici. Voiam să sondez adâncimile universului. Poate că am reușit într-o mică măsură, dar mai sunt încă atât de multe lucruri pe care vreau să le știu.

2
OXFORD ȘI CAMBRIDGE

Tatăl meu dorea cu ardoare ca eu să intru la Oxford sau la Cambridge. El însuși studiase la University College de la Oxford, astfel că se gândea să mă înscriu acolo, deoarece aș fi avut șanse mai mari de intrare. Pe atunci, University College nu avea studenți în matematică, ceea ce a constituit pentru el încă un motiv ca să urmez chimia: așa aș fi putut încerca obținerea unei burse în științe ale naturii, mai degrabă decât în matematică. Restul familiei fusese în India pentru un an, dar eu a trebuit să rămân acasă, pentru a obține nivelul A și a intra la universitate. Dirigintele meu considera că eram prea mic pentru a încerca la Oxford, dar în martie 1959 am mers acolo pentru examenul de bursă împreună cu doi colegi mai mari cu un an decât mine. Eram convins că m-am prezentat rău și eram foarte deprimat când, în timpul examenului de lucrări practice, lectorii universitari veneau să discute cu alții, dar nu și cu mine. Apoi, după câteva zile de la întoarcerea de la Oxford, am primit o telegramă care mă anunța că am obținut bursa.

Aveam șaptesprezece ani, iar cei mai mulți dintre studenții din anul meu aveau serviciul militar satisfăcut și erau mult mai vârstnici. În primul an, ca și într-o parte din cel de-al doilea, m-am simțit singur. De-abia în cel de-al treilea an am fost cu adevărat fericit. Atitudinea predominantă de la Oxford era atunci complet nefavorabilă muncii. Se presupunea sau că ești strălucit fără efort, sau că trebuie

să-ți accepți limitele și să obții notele corespunzătoare nivelului patru. Dacă lucrai din greu ca să obții calificative mai bune, erai privit ca un om cenușiu, cel mai rău epitet din vocabularul de la Oxford.

În acea vreme, cursul de fizică de la Oxford era astfel rânduit, încât să fie deosebit de ușoară evitarea eforturilor. Am dat un examen la intrare, apoi am făcut trei ani cu numai un singur examen final la capătul lor. Am calculat o dată că, în cei trei ani cât am fost acolo, am lucrat o mie de ore, adică o medie de numai o oră pe zi. Nu sunt mândru de această inactivitate. Descriu numai atitudinea mea de atunci, împărtășită de cei mai mulți dintre colegii mei: o atitudine de plictis total și simțământul că nimic nu merita vreun efort. Un rezultat al bolii mele a fost schimbarea întregii situații: atunci când ești confruntat cu perspectiva unei morți premature, realizezi că viața merită să fie trăită și că vrei să faci o mulțime de treburi.

Din cauza lipsei de antrenament am plănuit să iau examenul final făcând probleme de fizică teoretică și evitând subiectele care pretindeau cunoașterea faptelor. N-am reușit să dorm în noaptea dinaintea examenului, astfel că nu m-am prezentat foarte bine. Eram pe muchie între primul și cel de-al doilea nivel de apreciere și trebuia să mai fiu chestionat de examinatori pentru o decizie. Ei m-au întrebat și despre planurile mele de viitor. Le-am răspuns că doream să fac cercetare. Dacă mi-ar da primul nivel, aș merge la Cambridge. Dacă l-aș obține numai pe cel de-al doilea, aș rămâne la Oxford. Atunci ei mi-au dat primul nivel.

Înțelegeam că existau două domenii posibile de fizică teoretică fundamentală în care aș fi putut face cercetări. Unul era cosmologia, studiul universului în mare. Celălalt era fizica particulelor elementare, studiul universului în mic. Am considerat că particulele elementare erau prea puțin atrăgătoare, deoarece, deși oamenii de știință găseau o mulțime de particule noi, nu exista încă o teorie adecvată.

Tot ce se putea face era aranjarea particulelor în familii, ca în botanică. Pe de altă parte, în cosmologie, exista o teorie bine definită, teoria relativității generale a lui Einstein.

La Oxford nu lucra nimeni în cosmologie, dar la Cambridge era Fred Hoyle, cel mai distins astronom britanic al vremii. Am cerut așadar să-mi fac doctoratul cu Fred Hoyle. Cererea mea de a efectua cercetări la Cambridge a fost acceptată, dat fiind că obținusem primul nivel, dar, spre neplăcerea mea, conducătorul meu era nu Hoyle, ci o persoană pe nume Denis Sciama, de care nu auzisem. La sfârșit, întâmplarea s-a dovedit foarte favorabilă. Hoyle călătorea foarte mult peste graniță, astfel că nu prea aș fi avut parte de el. Pe de altă parte, Sciama era acolo și era totdeauna foarte încurajator să discuți cu el, chiar dacă deseori nu eram de acord cu ideile sale.

Cum nu făcusem multă matematică la școală și la Oxford, am găsit la început teoria relativității generale relativ dificilă și nu progresam prea repede. Am observat în timpul primului meu an la Oxford că devin greoi în mișcări. Curând după venirea la Cambridge, mi s-a pus diagnosticul de SLA, scleroză laterală amiotrofică, sau maladia neuronilor motori, cum este cunoscută în Anglia. (În Statele Unite, aceasta este denumită de asemenea boala lui Lou Gehrig.) Medicii nu pot oferi nici remedii, nici asigurări că boala nu va merge mai rău.

La început, maladia părea să progreseze destul de rapid. Nu avea prea mult sens să lucrez la tema mea de cercetare, deoarece nu speram să trăiesc destul ca să-mi termin doctoratul. Dar, cu trecerea timpului, boala părea să se tempereze. Am început totodată să înțeleg teoria relativității generale și să fac progrese cu lucrarea. Dar faptul cu totul deosebit era că mă logodisem cu o fată pe care o chema Jane Wilde, pe care am întâlnit-o pe când fusesem diagnosticat bolnav de SLA. Acest fapt îmi oferea un motiv ca să trăiesc.

Dacă ne căsătoream, trebuia să-mi găsesc un serviciu, iar ca să-mi găsesc un serviciu, trebuia să-mi termin

doctoratul. Am început deci să muncesc pentru prima dată în viață. Spre surpriza mea, am văzut că-mi place. Poate că nu este corect să numesc asta muncă. Odată cineva a spus că oamenii de știință și prostituatele primesc bani pentru ca să facă treburi care le plac.

Am făcut cerere pentru o bursă de cercetare la Colegiul Gonville și Caius (se pronunță *Keys*). Speram că Jane îmi va bate cererea la mașină, dar când a venit în vizită la mine la Cambridge, avea brațul în ghips. Trebuie să recunosc că am compătimit-o mai puțin decât ar fi trebuit. Își rupsese totuși doar mâna stângă, astfel că a reușit să îmi scrie cererea după dictare, iar eu am găsit pe altcineva să mi-o bată la mașină.

Trebuia să menționez în cerere numele a două persoane care puteau da referințe despre lucrările mele. Conducătorul meu mi-a sugerat să-l rog pe Hermann Bondi să fie unul dintre referenți. Bondi era profesor de matematică la Kings Kollege de la Londra, fiind un expert în relativitatea generală. Îl întâlnisem de câteva ori, iar el a supus discuției o lucrare pe care o scrisesem pentru a fi publicată în *Proceedings of the Royal Society*. I-am cerut acest lucru după o lecție pe care a ținut-o la Cambridge, iar el, privindu-mă distrat, mi-a spus că, desigur, o va face. Desigur că nu și-a mai amintit de mine, deoarece, atunci când Colegiul i s-a adresat pentru referință, el a răspuns că nu auzise de mine. Astăzi există atât de mulți solicitanți pentru burse de cercetare, încât, dacă unul dintre referenții candidatului scrie că nu-l cunoaște, șansele lui de reușită sunt zero. Dar atunci vremurile erau mai liniștite. Colegiul mi-a anunțat răspunsul incomod al referentului, conducătorul meu s-a dus la Bondi și i-a reamintit cazul. Atunci Bondi a scris un referat care era probabil mult mai bun decât meritam. Am obținut suportul financiar și am rămas la Colegiul Caius până în momentul de față.

Bursa însemna că Jane și cu mine puteam să ne căsătorim, ceea ce am și făcut în iulie 1965. Ne-am petrecut luna

de miere în Suffolk, singurul loc pe care ni-l puteam permite. Am mers apoi la o școală de vară de relativitate generală la Universitatea Cornell din statul New York. A fost o eroare. Am stat într-un dormitor plin de perechi cu copii gălăgioși, ceea ce a produs o tensiune în cuplul nostru. În alte privințe, școala de vară mi-a fost totuși de folos, deoarece am întâlnit mulți lideri din domeniul în care lucram.

Până în anul 1970, eu studiasem cosmologia, care se ocupă de universul pe scară mare. Lucrarea mea cea mai importantă din această perioadă era despre singularități. Observațiile efectuate asupra galaxiilor îndepărtate indică faptul că acestea se depărtează de noi: universul se extinde. Deci galaxiile trebuie să fi fost mai aproape una de alta în trecut. Apare atunci o problemă: a existat vreun moment în care toate galaxiile erau una peste alta, cu densitatea universului infinită? Sau a existat o fază preliminară de contracție, în care galaxiile au evitat să se ciocnească una de alta? Poate că au trecut una pe lângă alta și apoi s-au depărtat din nou. Pentru a răspunde la această întrebare, erau necesare noi tehnici matematice. Ele au fost dezvoltate între 1965 și 1970, cu precădere de Roger Penrose și de mine. Penrose era atunci la Colegiul Birkbek de la Londra; acum este la Oxford. Noi am folosit aceste tehnici pentru a arăta că, dacă teoria relativității generale este corectă, atunci în trecut trebuie să fi existat o stare cu densitate infinită.

Această stare cu densitate infinită este denumită singularitatea big bang (marea explozie). Dacă teoria relativității generale este corectă, înseamnă că știința nu poate prevedea cum începe universul. Totuși, lucrările mele mai recente arată că este posibil să se prevadă cum începe universul dacă se ia în considerare teoria cuantică, la scara cea mai mică a universului.

Relativitatea generală prezice că stelele masive colapsează atunci când își epuizează combustibilul nuclear. Lucrarea pe care Penrose și eu însumi am scris-o arată că stelele colapsează până ce se atinge o singularitate cu

densitatea infinită. Această singularitate ar fi sfârșitul timpului, cel puțin pentru stea și pentru orice s-ar afla pe ea. Câmpul gravitațional al singularității ar fi atât de puternic, încât lumina n-ar mai putea scăpa din regiune, fiind trasă înapoi de câmpul gravitațional. Regiunea din care nu se mai poate scăpa de atracție se numește gaură neagră, iar limita sa este numită orizont. Orice sau oricine nimerește în interiorul orizontului, ajunge la sfârșitul timpului, la singularitate.

Într-o noapte a anului 1970, la puțin timp după nașterea fiicei mele Lucy, mă gândeam la găurile negre pe când mă duceam la culcare. Brusc, am înțeles că multe dintre tehnicile dezvoltate de Penrose și de mine pentru a demonstra singularitățile puteau fi aplicate găurilor negre. În mod particular, suprafața orizontului, granița găurii negre, nu putea descrește cu timpul. Iar atunci când două găuri negre se ciocnesc și se contopesc pentru a forma o singură gaură neagră, aria orizontului găurii finale va fi mai mare decât suma ariilor găurilor negre inițiale. Acest fapt pune o limită importantă cantității de energie care ar putea fi emisă în urma ciocnirii. Eram așa de excitat, că n-am reușit să dorm prea mult în acea noapte.

Din 1970 și până în 1974, am lucrat mai ales în domeniul găurilor negre. Dar, în 1974, am făcut probabil cea mai surprinzătoare descoperire. Găurile negre nu sunt complet negre! Atunci când se ia în considerare comportarea materiei la scară mică, particulele și radiația se pot scurge în afara găurii negre. O gaură neagră poate emite radiație ca și când ar fi un corp fierbinte.

Din 1974, am combinat relativitatea generală și mecanica cuantică într-o teorie consistentă. Unul dintre rezultate a fost propunerea făcută în anul 1983 împreună cu Jim Hartle, de la Universitatea din California de la Santa Barbara, că și timpul, și spațiul au o extensie finită, dar nu au nici o graniță sau margine. Ele ar fi ca suprafața pământului, dar cu două dimensiuni în plus. Suprafața pământului are o arie finită, dar nu are nici o margine. În toate

călătoriile mele, n-am reușit să cad dincolo de marginea lumii. Dacă presupunerea noastră este corectă, atunci n-ar mai exista singularități, iar legile științei ar fi valabile peste tot, inclusiv la începutul universului. Modul în care a început universul ar fi determinat astfel de legile științei. Aș fi reușit astfel să-mi realizez ambiția de a descoperi *cum* s-a născut universul. Dar încă nu știu *de ce* s-a născut.

3

BOLNAV DE SCLEROZĂ LATERALĂ AMIOTROFICĂ*

Sunt deseori întrebat ce simt eu în legătură cu faptul că am SLA? Răspunsul meu este că nu simt prea multe. Încerc să duc o viață pe cât posibil normală și să nu mă gândesc la situația mea sau să tânjesc după lucrurile pe care boala mă împiedică să le fac și care nu sunt chiar așa de multe.

Am avut un șoc foarte puternic când am descoperit că sufăr de maladia neuro-motorie. În copilărie, n-am fost niciodată prea bine coordonat fizic. Nu eram bun la jocurile cu mingea și poate că din această cauză nu mă preocupam de sport sau de activitățile fizice. Dar lucrurile păreau că se schimbă atunci când am sosit la Oxford. Am început să vâslesc și să fac pe cârmaciul. Nu eram destul de bun pentru nivelul Regatei, dar l-am atins pe acela al întrecerii dintre colegii.

În cel de-al treilea an la Oxford, am observat totuși că devin oarecum mai neîndemânatic și am căzut o dată sau de două ori fără vreun motiv aparent. Dar numai în anul următor, când am ajuns la Cambridge, mama a observat faptul și m-a dus la doctorul de familie. El m-a trimis la un specialist și, la scurt timp după împlinirea vârstei de douăzeci și unu de ani, am fost internat în spital pentru diagnostic. Am rămas acolo două săptămâni, timp în care am făcut multe analize. Mi-au luat o probă de mușchi din

* Discurs rostit la Asociația Britanică de boli neuro-motorii, la Birmingham, în octombrie 1987.

braț, mi-au introdus niște electrozi, mi-au injectat un lichid opac la radiații în măduva spinării și l-au observat cu raze X cum se deplasează în sus și în jos când basculau patul. După toate acestea, ei nu mi-au spus ce am, ci doar că nu e vorba de scleroză multiplă și că sunt un caz atipic. Am dedus că se așteptau să-mi meargă tot mai rău și că nu era nimic de făcut, cu excepția tratamentului cu vitamine. Mi-am dat seama că nu se așteptau ca vitaminele să aibă mare efect. Nu eram dispus să cer și alte detalii, deoarece acestea îmi erau desigur nefavorabile.

A fost un șoc să înțeleg că am o boală incurabilă care mă putea ucide în câțiva ani. Cum de mi s-a putut întâmpla așa ceva tocmai mie? De ce trebuia să fiu secerat astfel? Totuși, în timp ce eram în spital, am văzut un băiat pe care îl cunoșteam vag murind de leucemie în patul opus mie. Nu a fost un spectacol plăcut. Era evident că se aflau aici și oameni în situații mai grave decât mine. Cel puțin eu nu mă simțeam bolnav. Ori de câte ori mă simt înclinat către autocompătimire, îmi amintesc de băiatul acela.

Neștiind ce se va întâmpla cu mine, sau cât de repede va progresa boala, nu știam ce să fac. Doctorii mi-au spus să mă întorc la Cambridge și să-mi continui cercetările de-abia începute în domeniul relativității generale și cosmologiei. Dar eu nu progresasem prea mult, deoarece nu aveam destulă pregătire matematică și, oricum, s-ar fi putut să nu trăiesc destul până la obținerea doctoratului. Mă simțeam ca un personaj tragic. M-am apucat să ascult muzică de Wagner, dar reportajele de prin reviste după care m-aș fi apucat să beau vârtos sunt exagerate. Necazul este că, odată ce într-o revistă se spune ceva, atunci și alte articole copiază știrea, deoarece astfel povestea e mai rotundă. Iar tot ce a apărut tipărit de mai multe ori trebuie să fie adevărat.

Visurile mele erau puternic perturbate. Înainte de diagnosticarea bolii, eram foarte plictisit de viață. Nimic nu părea să merite vreun efort. Dar, curând după ieșirea din spital, am visat că urmează să fiu executat. Am înțeles dintr-odată că există o mulțime de lucruri care merită să fie făcute și pe care le-aș putea face dacă aș fi fost păsuit. Într-un alt vis pe care l-am avut de câteva ori, se făcea că îmi sacrific viața ca să-i salvez pe alții. La urma urmei, dacă tot aveam să mor, barem să fi făcut un bine.

Dar n-am murit. De fapt, deși viitorul era sumbru, am descoperit cu surpriză că în acel moment mă bucuram de viață mai mult decât înainte. Am început să fac progrese în cercetare, m-am logodit și m-am căsătorit și am obținut o bursă de cercetare la Colegiul Caius de la Cambridge.

Bursa de la Caius mi-a rezolvat imediat problema locului de muncă. Am avut noroc să-mi aleg fizica teoretică drept domeniu, deoarece era unul dintre cele câteva în care condiția mea nu constituia un handicap serios. Am fost totodată norocos că reputația mea științifică era în creștere, pe măsură ce condiția mea fizică se înrăutățea. Aceasta însemna că oamenii erau pregătiți să-mi ofere o serie de posturi în care aveam de îndeplinit numai o activitate de cercetare, fără să țin lecții.

Am avut noroc și cu locuința. Când ne-am căsătorit, Jane era încă studentă la Colegiul Westfield de la Londra, astfel că trebuia să meargă acolo în timpul săptămânii. Aceasta însemna că trebuia găsită o locuință în care să mă pot descurca singur, așezată central, deoarece nu puteam merge mult. Am cerut sprijin la colegiu, dar economul mi-a spus că ajutorul în problema caselor nu figura printre obligațiile instituției. Ne-am înscris deci pe lista de închirieri pentru un grup de apartamente care se construiau în piață. (După mai mulți ani, am descoperit că apartamentele erau proprietatea colegiului, dar nu mi s-a spus acest lucru.) La întoarcerea la Cambridge, după vara petrecută în America, am descoperit că apartamentele nu erau gata. Ca o mare favoare, economul ne-a oferit o cameră în căminul pentru absolvenții primului ciclu. El ne-a spus:

„În mod normal, noi cerem doisprezece șilingi și șase pence pe noapte pentru această cameră. Totuși, deoarece veți fi doi, vă vom taxa cu douăzeci și cinci de șilingi."

Am rămas acolo numai trei nopți. Am găsit apoi o căsuță la circa o sută de pași distanță de facultate. Ea aparținea unui alt colegiu, care o închiriase unuia dintre membrii săi. Acesta se mutase recent într-o casă din suburbie și ne-a subînchiriat-o pentru cele trei luni rămase pe contractul lui. În aceste trei luni, am găsit o altă casă neocupată, pe aceeași stradă. Un vecin a chemat-o pe proprietăreasă din Dorset și i-a spus că este un scandal să rămână casa liberă, când niște oameni tineri caută locuință, așa că ne-a închiriat-o. După ce am locuit acolo câțiva ani, am vrut s-o cumpărăm, așa că am apelat la colegiu pentru o garanție. Colegiul a făcut o expertiză și a decis că nu merită să riște. Așa că, la sfârșit, am obținut o garanție de la o societate de construcții, iar părinții mei ne-au dat bani ca să facem aranjamentul.

Am mai locuit acolo patru ani, până când mi-a fost prea greu cu scările. Între timp, la colegiu eram apreciat mai mult și venise un alt econom. Mi s-a oferit deci un apartament la parter, într-o casă a colegiului. Îmi convenea casa, deoarece avea camere mari și uși largi. Era și destul de centrală ca să pot ajunge la facultate sau la colegiu cu căruciorul meu electric. Era bine și pentru cei trei copii ai noștri, deoarece casa era înconjurată de o grădină îngrijită de grădinarii colegiului.

Până în anul 1974 eram capabil să mă hrănesc singur, să mă culc și să mă scol singur din pat. Jane reușea să mă ajute și să crească primii doi copii fără ajutor din afară. Apoi lucrurile au început totuși să devină mai dificile, astfel că am primit la noi în casă unul sau doi studenți de-ai mei. În schimbul cazării și mesei gratuite, ca și al atenției mele, ei mă ajutau să mă culc și să mă ridic din pat. În 1980 am apelat la un sistem de infirmiere publice și private, care veneau acasă pentru o oră sau două dimineața și seara. Lucrurile au rămas așa până în 1985, când

m-am îmbolnăvit de pneumonie. A trebuit să suport o operație de traheotomie, iar de atunci încoace am avut nevoie de îngrijire medicală douăzeci și patru de ore din douăzeci și patru, ceea ce a fost posibil cu ajutorul mai multor fundații.

Înainte de operație, vocea mea devenise din ce în ce mai confuză, astfel că numai cei care mă cunoșteau bine mă puteau înțelege. Dar puteam cel puțin să comunic. Scriam lucrări științifice dictând secretarei și țineam seminarii printr-un interpret care îmi repeta cuvintele mai clar. Traheotomia mi-a anihilat complet vocea. Un timp, singura mea posibilitate de comunicare a rămas scrierea cuvintelor literă cu literă prin ridicarea sprâncenelor atunci când cineva îmi indica litera corectă pe un carton cu alfabetul. Este foarte dificil să conversezi astfel, darămite să mai și scrii o lucrare științifică. Totuși, un expert în computere din California, Walt Woltosz, mi-a auzit păsul. El mi-a trimis un program de calculator numit Equalizer. Programul îmi permitea să selectez cuvinte dintr-o serie de meniuri care apăreau pe ecran, prin apăsarea pe un contact ținut în mână. Programul putea fi controlat și prin mișcări ale capului sau ochilor. După ce compuneam ce doresc să spun, puteam trimite mesajul sintetizatorului de vorbire.

La început, am rulat programul numai pe un computer de birou. Apoi, David Mason de la Adaptive Communications din Cambridge a adaptat la căruciorul meu un mic computer personal și un sintetizator de vorbire. Acest sistem îmi permite să comunic mult mai bine decât înainte. Pot forma cincisprezece cuvinte pe minut. Pot rosti ce am scris sau salva pe disc. Pot apoi să tipăresc textul sau să-l rostesc frază cu frază. Folosind acest sistem, am scris două cărți și un număr de lucrări științifice. Am ținut de asemenea câteva comunicări științifice și conferințe de popularizare. Acestea au fost bine primite. Cred că succesul este în mare parte datorat calității sintetizatorului fabricat de compania Speech Plus. Vocea este ceva foarte important.

Dacă ai o voce nedeslușită, oamenii te tratează ca pe un deficient mintal. Acest sintetizator este de departe cel mai bun dintre câte cunosc, deoarece are mai multe intonații și nu vorbește ca în desenele animate. Singurul necaz e că îmi dă un accent american. Totuși, acum mă identific cu vocea lui. Nu aș schimba-o nici chiar dacă mi s-ar oferi o voce care ar suna britanic. M-aș simți ca și când aș fi devenit o altă persoană.

Am suferit de maladia neuro-motorie practic toată viața mea de adult. Totuși, acest fapt nu m-a împiedicat să am o familie foarte atrăgătoare și să repurtez succes în profesie. Am reușit mulțumită ajutorului primit de la soție și copii și de la un mare număr de alte persoane și organizații. Am fost norocos că boala mea a progresat mult mai încet decât este cazul de obicei, ceea ce arată că nu trebuie niciodată să ne pierdem speranța.

4

ATITUDINI PUBLICE FAȚĂ DE ȘTIINȚĂ*

Chiar dacă ne place sau nu, lumea s-a schimbat mult în ultimii o sută de ani și se pare că se va schimba și mai mult în următorii o sută de ani. Unii oameni ar dori să oprească aceste schimbări și să revină înapoi, la ceea ce ei consideră niște vremuri mai curate și mai simple. Dar, așa cum ne arată istoria, trecutul nu a fost atât de minunat. El era ceva mai bun doar pentru o minoritate privilegiată, deși și aceștia trebuiau să se descurce fără medicina de azi, iar nașterile erau foarte riscante pentru femei. Dar pentru marea majoritate a populației, viața era rea, urâtă și scurtă.

Oricum, chiar dacă s-ar dori, ceasul nu mai poate fi dat înapoi la o epocă trecută. Cunoștințele și tehnologiile nu pot fi pur și simplu uitate. Nici progresele viitoare nu pot fi evitate. Chiar dacă toți banii pentru cercetare ar fi tăiați (iar guvernul actual face tot ce poate în acest sens), forța concurenței tot ar conduce la dezvoltarea tehnologiei. Mai mult, este imposibil să oprești spiritul cercetător al oamenilor să gândească despre știința fundamentală, indiferent dacă aceștia sunt plătiți sau nu pentru așa ceva. Singura cale pentru a stopa orice dezvoltare viitoare ar fi un stat totalitar global care ar suprima tot ce este nou, dar inițiativa și ingeniozitatea omului ar împiedica reușita unei

* Cuvântare ținută la Oviedo, în Spania, la primirea premiului Prințului de Asturia, *Armonie și înțelegere*, în octombrie 1989. A fost adusă la zi.

astfel de încercări. Tot ce s-ar realiza ar fi doar încetinirea schimbării.

Dacă acceptăm faptul că nu putem împiedica știința și tehnologia să schimbe lumea noastră, putem încerca să ne asigurăm cel puțin că schimbările făcute merg într-o direcție bună. Într-o societate democratică, aceasta înseamnă că publicul trebuie să înțeleagă elementele științei, astfel încât să poată lua decizii pe bază de informații și să nu le lase doar pe mâna experților. În momentul de față, publicul nu are o atitudine univocă față de știință. El se așteaptă, ca și până acum, ca nivelul său de viață să crească în mod susținut pe seama progreselor din știință și tehnologie. Pe de altă parte, publicul nu are încredere în știință, deoarece nu o înțelege. Această neîncredere este evidentă, de exemplu, în benzile desenate unde savantul țicnit lucrează în laborator pentru a produce un Frankenstein. Neîncrederea în știință constituie și un element important de sprijin pentru partidele verzilor. Dar publicul este totodată foarte interesat de știință, mai ales de astronomie, așa cum o arată marea audiență a unor seriale de televiziune, cum ar fi *Cosmos** sau cele științifico-fantastice.

Ce poate fi făcut pentru a capta acest interes și a-i da publicului acele cunoștințe de bază de care are nevoie pentru a lua decizii fundamentate în probleme ca ploile acide, efectul de seră, armele nucleare și ingineria genetică? Este clar că aceste cunoștințe de bază trebuie să se sprijine pe ceea ce se învață în școală. Dar acolo știința este prezentată deseori sec și neinteresant. Copiii o învață pe de rost ca să treacă examenele și nu intuiesc relevanța ei pentru lumea care îi înconjoară. Mai mult, știința este deseori predată în termeni de ecuații. Deși ecuațiile constituie o cale concisă și corectă de descriere a ideilor matematice, ele îi sperie pe cei mai mulți. Recent, când am scris o carte de popularizare, am fost avizat că fiecare ecuație inclusă îmi

* Cunoscut la noi sub numele de *Călătorie în univers*, serialul îl are ca autor pe astronomul american Carl Sagan. (*N. t.*)

va înjumătăți vânzările. Am introdus o singură ecuație, $E = mc^2$. Fără această ecuație, probabil că aș fi dublat vânzările.

Oamenii de știință și inginerii tind să își exprime ideile în formă de ecuații, deoarece au nevoie să știe valorile exacte ale cantităților. Dar, pentru ceilalți dintre noi, este suficientă o percepere calitativă a conceptelor științifice, iar aceasta poate fi transmisă prin cuvinte și diagrame, fără folosirea ecuațiilor.

Știința învățată în școală poate oferi cadrul de bază. Dar progresul științei este atât de rapid, încât apar mereu noi dezvoltări de la terminarea școlii sau universității. Eu n-am învățat niciodată la școală despre biologia moleculară sau despre tranzistori, dar ingineria genetică și computerele sunt două dintre dezvoltările cele mai susceptibile să ne schimbe modul de viață în viitor. Cărțile de popularizare și articolele de știință din reviste pot ajuta la lămurirea noutăților, dar până și cărțile de popularizare cu cel mai mare succes sunt citite doar de o mică proporție a populației. Numai televiziunea poate atinge cu adevărat o audiență de masă. Există și câteva programe foarte bune de știință la televiziune, dar celelalte prezintă minunile științei ca pe niște magii, fără să le explice, sau să arate cum se leagă acestea în cadrul ideilor științifice. Producătorii programelor de știință de la televiziune trebuie să înțeleagă faptul că au responsabilitatea să și educe publicul, nu numai să-l distreze.

Care sunt problemele legate de știință în care publicul va trebui să ia decizii în viitorul apropiat? În mod clar, cea mai urgentă este situația armelor nucleare. Alte probleme globale, cum ar fi aceea alimentară ori efectul de seră, acționează relativ lent, dar un război nuclear ar putea însemna sfârșitul vieții tuturor oamenilor de pe pământ în câteva zile. Relaxarea tensiunilor Est–Vest adusă de sfârșitul războiului rece a provocat dispariția fricii față de războiul nuclear din conștiința publicului. Dar pericolul mai persistă

atâta timp cât mai există destule arme nucleare cât să ucidă de mai multe ori întreaga populație a globului. În fostele state sovietice și în America, armele sunt încă direcționate pentru a lovi principalele orașe din emisfera nordică. Ar fi suficientă o eroare de calculator, sau o revoltă a celor care manipulează armele nucleare, pentru a declanșa un război global. Și mai neliniștitor este faptul că unele puteri mici dobândesc acum arme nucleare. Marile puteri s-au comportat în mod destul de rezonabil, dar nu se poate avea încredere în puteri mici ca Libia sau Irak, Pakistan, sau chiar Azerbaidjan. Pericolul nu constă atât în cantitatea de arme de care vor dispune în curând aceste puteri, arme mai curând rudimentare, deși având capacitatea de a ucide încă milioane de oameni. Pericolul constă mai degrabă în atragerea marilor puteri, cu arsenalul lor imens, în războiul nuclear dintre două puteri mici.

Este foarte important ca publicul să înțeleagă pericolul și să exercite presiuni asupra tuturor guvernelor pentru a accepta reduceri masive ale armelor. Poate că nu este practic să se înlăture toate armele nucleare, dar pericolul poate fi micșorat prin reducerea numărului acestora.

Dacă reușim să evităm războiul nuclear, mai există încă alte pericole care ne pot distruge pe toți. O glumă proastă zice că motivul pentru care nu am fost contactați de o civilizație extraterestră este că civilizațiile tind să se autodistrugă atunci când ating stadiul nostru. Am însă destulă încredere în bunul-simț al publicului și cred că putem dovedi falsitatea acestei afirmații.

5

SCURTĂ ISTORIE A *SCURTEI ISTORII**

Sunt încă surprins de primirea cărții mele *Scurtă istorie a timpului*. Cartea s-a aflat timp de treizeci și șapte de săptămâni pe lista bestseller-urilor din *The New York Times* și timp de douăzeci și opt de săptămâni pe lista din *Sunday Times* din Londra. (În Marea Britanie, cartea a fost publicată mai târziu decât în Statele Unite.) A fost tradusă până acum în douăzeci de limbi (în douăzeci și una, dacă socotim americana deosebită de engleză). Aceasta este mult mai mult decât m-am așteptat eu în 1982, când am avut pentru prima oară ideea să scriu o carte de popularizare despre univers. Intenția mea era să și câștig niște bani pentru a plăti taxele școlare ale fiicei mele. (În realitate, atunci când a apărut cartea, ea era în ultimul an de școală.) Dar principalul motiv a fost dorința mea să explic cât de departe simțeam că s-a mers cu înțelegerea universului, deci cât de aproape putem fi de găsirea unei teorii complete care ar descrie universul și tot ceea ce există în univers.

Dacă tot aveam să cheltuiesc timp și să depun efort pentru scrierea unei cărți, o doream ajunsă la un public

* Acest eseu a fost publicat mai întâi în decembrie 1988 ca articol în *The Independent*. *Scurtă istorie a timpului* a rămas în lista de bestseller-uri a lui New York Times timp de cincizeci și trei de săptămâni, iar în Marea Britanie, până în februarie 1993, s-a aflat pe lista lui *Sunday Times* din Londra timp de 205 săptămâni. (În cea de-a o sută optzeci și patra săptămână, a intrat în *Cartea Guinness a recordurilor* pentru cele mai multe apariții pe această listă.) Numărul de traduceri este acum de treizeci și trei.

cât mai numeros. Cărțile mele de specialitate precedente fuseseră publicate la Cambridge University Press. Editura făcuse o treabă bună, dar eu nu credeam că aceasta era cu adevărat potrivită tipului de piață pe care doream s-o cuceresc. Am contactat prin urmare un agent literar, Al Zuckerman, care mi-a fost prezentat ca fiind cumnatul unui coleg. I-am dat o schiță a primului capitol și i-am explicat că doream să fie o astfel de carte care să se vândă în standurile de cărți din aeroport. El mi-a răspuns că nu sunt șanse pentru așa ceva. Cartea se va vinde probabil în mediile academice și studențești, dar o carte ca aceasta nu va pătrunde în fieful lui Jeffrey Archer.*

I-am dat lui Zuckerman o primă versiune a cărții în 1984. El a trimis-o mai multor edituri și mi-a recomandat să accept o ofertă de la Norton, o firmă americană destul de sus situată pe piață. Dar eu am decis în schimb să accept o ofertă de la Bantam Books, o editură orientată mai bine spre piața populară. Deși Bantam Books nu e specializată în vânzarea cărților de știință, cărțile acestei edituri se găsesc din belșug în standurile din aeroporturi. Ei au acceptat cartea mea probabil datorită interesului manifestat de unul dintre editori, Peter Guzzardi. Acesta și-a luat misiunea foarte în serios și m-a făcut să rescriu cartea ca s-o fac inteligibilă pentru persoane din afara științei, așa ca el. De fiecare dată când îi trimiteam un capitol rescris, el îmi retrimitea o lungă listă de obiecții și întrebări pe care dorea să le clarific. Mi se părea că procesul acesta nu se va sfârși niciodată. Dar Guzzardi a avut dreptate: a rezultat o carte mult mai bună.

La scurt timp după ce am acceptat oferta lui Bantam, m-am îmbolnăvit de pneumonie. A trebuit să suport o operație de traheotomie care m-a redus la muțenie. Un timp am comunicat doar prin ridicarea sprâncenelor când cineva indica litere pe un carton. Ar fi fost aproape imposibil să termin cartea fără programul de calculator pe care

* Autor de mare succes în genul „thriller". (*N. t.*)

l-am primit. Era destul de lent, dar atunci am început să gândesc încet, ceea ce îmi venea bine. Cu acest program am rescris aproape complet prima versiune ca răspuns la solicitările lui Guzzardi. Pentru această revizuire a cărții am primit ajutorul unui student de-al meu, Brian Whitt.

M-a impresionat serialul de televiziune al lui Jacob Bronowski, *Ascensiunea omului*. (Un astfel de titlu sexist nu ar mai fi permis astăzi.) Îți transmitea mândria pentru cuceririle rasei umane în dezvoltarea ei de la sălbaticii primitivi de acum numai cincisprezece mii de ani, la stadiul nostru actual. Doream să transmit un sentiment similar în privința progresului către înțelegerea completă a legilor care guvernează universul. Eram sigur că aproape fiecare este interesat să afle cum au loc procesele în univers, dar cei mai mulți oameni nu pot urmări ecuațiile matematice. Nici mie însumi nu-mi prea pasă de ecuații. Aceasta, pe de o parte, deoarece îmi este greu să le scriu, iar pe de alta — și acest motiv este cel mai important —, deoarece nu am o percepție intuitivă a ecuațiilor. În absența acestora, eu gândesc în imagini grafice, iar scopul meu a fost să descriu în carte aceste imagini mentale în cuvinte, cu ajutorul analogiilor familiare și al câtorva diagrame. Am sperat că în acest fel cei mai mulți oameni vor putea să împărtășească emoția și satisfacția produse de realizările din fizica ultimilor douăzeci și cinci de ani.

Chiar dacă se evită matematica, unele idei rămân nefamiliare și sunt dificil de explicat. Problema era următoarea: trebuie să le explic și să risc nedumerirea publicului, sau trebuie să sar peste dificultăți? Câteva concepte nefamiliare, cum ar fi acela că observatori care se deplasează cu viteze diferite măsoară intervale diferite de timp între aceeași pereche de evenimente, nu erau esențiale pentru tabloul pe care doream să-l schițez. Prin urmare, simțeam că trebuie numai să le menționez, dar nu și să le aprofundez. Alte idei dificile erau însă fundamentale pentru ceea ce voiam să prezint. În mod deosebit, simțeam că trebuie

să introduc două concepte. Unul era așa-numita sumă a istoriilor, adică ideea că universul nu are numai o singură istorie. Există în schimb o colecție formată din toate istoriile posibile ale universului, iar toate aceste istorii sunt la fel de reale (orice ar însemna ele). Cealaltă idee care este necesară pentru a explica sensul matematic al sumei istoriilor este „timpul imaginar". Cu mintea mea de acum, cred că trebuia să depun mai mult efort pentru a explica aceste concepte și în special timpul imaginar, noțiunea din carte cu care cititorii au avut cele mai multe necazuri. Totuși, nu este cu adevărat necesar să se înțeleagă ce este timpul imaginar, ci numai că acesta este deosebit de ceea ce numim timp real.

Atunci când cartea se apropia de publicare, un om de știință căruia i se trimisese un exemplar de probă pentru a fi recenzat în revista *Nature* a fost îngrozit descoperind-o plină de erori, cu fotografii și diagrame plasate și notate greșit. El a sunat la cei de la Bantam, care au fost și ei îngroziți și au decis să retragă în aceeași zi întregul tiraj și să-l dea la retopit. Editura a cheltuit trei săptămâni de lucru intens ca să corecteze și să verifice întreaga carte, așa că în aprilie, la data fixată, cartea a fost gata și adusă în librării. Între timp, revista *Time* mi-a publicat un profil. Dar chiar și așa, editorii au fost luați prin surprindere de cerere. Cartea este la a șaptesprezecea ediție în America și la a zecea în Marea Britanie.*

De ce atât de mulți au cumpărat cartea? Îmi este greu, desigur, să fiu obiectiv, așa că mă voi lua după ce spun alții. Deși sunt favorabile, găsesc cele mai multe recenzii mai degrabă neconcludente. Ele tind să adopte formula: Stephen Hawking are boala lui Lou Gehrig (în recenziile americane), sau maladia neuro-motorie (în recenziile britanice). El este țintuit într-un cărucior, nu poate vorbi, își

* Până în aprilie 1993, cartea era la a patruzecea ediție în formatul de lux și la a nouăsprezecea în broșură în Statele Unite; în Marea Britanie, ea se află la a treizeci și noua ediție în format de lux.

poate mișca numai x degete (unde x pare să varieze de la unu la trei, în funcție de care dintre articolele neinformate despre mine îl inspirase pe recenzent). Totuși el a scris această carte despre cea mai mare dintre întrebări: de unde venim și încotro mergem? Răspunsul propus de Hawking este că universul nu este nici creat, nici distrus; el pur și simplu există. Pentru a formula acest răspuns, Hawking introduce conceptul de timp imaginar, pe care eu (recenzentul) îl găsesc cam greu de înțeles. Totuși, dacă Hawking are dreptate, iar noi găsim teoria complet unificată, vom ști cu adevărat planul lui Dumnezeu. (În stadiul corecturilor, eu eram pe punctul de a scoate ultima frază a cărții, unde scria că vom putea cunoaște gândul lui Dumnezeu. Dacă aș fi făcut-o, vânzările ar fi putut scădea la jumătate.)

Ceva mai receptiv a fost (mi s-a părut mie) un articol din ziarul londonez *The Independent*, care afirma că până și o carte științifică serioasă ca *Scurtă istorie a timpului* ar putea deveni o carte de cult. Soția mea s-a îngrozit, dar eu am fost mai degrabă flatat să mi se compare cartea cu *Zen și arta întreținerii motocicletei*. Sper că, la fel ca în cazul lui *Zen*, cartea mea inspiră cititorului sentimentul că publicul nu trebuie ținut departe de marile probleme intelectuale și filozofice.

Fără îndoială că povestea de interes omenesc despre cum am reușit, în pofida invalidității mele, să devin fizician teoretician a favorizat succesul. Dar cei care au cumpărat cartea din interesul pur uman poate că au fost dezamăgiți, deoarece au găsit numai câteva referiri la starea mea. Cartea a fost gândită ca o istorie a universului, nu ca propria mea istorie. Aceasta nu a împiedicat acuzațiile că Bantam ar fi exploatat fără rușine boala mea și că eu aș fi cooperat la ispravă permițându-le editorilor apariția fotografiei mele pe copertă. În realitate, contractul nu îmi permitea controlul asupra copertei. Am reușit totuși să-i conving să folosească pentru ediția britanică o fotografie mai reușită decât poza mizerabilă și veche din ediția americană.

S-a sugerat totodată ideea că oamenii au cumpărat cartea deoarece i-au citit recenziile, sau pentru că figura pe lista de bestseller-uri, dar că n-au citit-o; ei doar o țineau în bibliotecă sau pe măsuța pentru cafea, obținând astfel creditul de a o poseda, fără a depune efortul de a o citi. Sunt sigur că se întâmplă și așa, dar nu știu dacă în cazul de față fenomenul acesta este mai frecvent decât cu alte cărți serioase, inclusiv Biblia și operele lui Shakespeare. Pe de altă parte, știu că cel puțin unii trebuie s-o fi citit, deoarece primesc zilnic un teanc de scrisori despre cartea mea, mulți punându-mi întrebări sau făcând comentarii detaliate care demonstrează că au citit cartea, chiar dacă n-au înțeles chiar totul. Sunt oprit pe stradă de necunoscuți care îmi spun cât de mult le-a plăcut. Desigur că sunt mai ușor de identificat sau de distins (chiar dacă nu sunt o persoană distinsă) decât cei mai mulți autori. Dar frecvența cu care primesc o astfel de recunoaștere publică (spre disperarea fiului meu de nouă ani) pare să indice că cel puțin o parte din cei care cumpără cartea o citesc cu adevărat.

Oamenii mă întreabă acum ce am de gând să fac în viitor. Cred că nu voi scrie o urmare la *Scurta istorie a timpului*. Ce titlu să-i dau? *O istorie mai lungă a timpului*? *Dincolo de sfârșitul timpului*? *Fiul timpului*? Agentul meu mi-a sugerat să accept un film după viața mea. Dar nici eu și nici familia mea nu vom mai avea vreun respect față de noi înșine dacă ne-am lăsa interpretați de actori. Același lucru s-ar întâmpla, într-o mai mică măsură, și dacă aș fi acceptat și ajutat pe cineva să-mi scrie biografia. Desigur că nu pot opri pe nimeni să-mi descrie viața, atâta timp cât biografia nu este defăimătoare, dar încerc să-i descurajez pe amatori, spunând că am în vedere să mi-o scriu singur. Poate că o voi face. Dar nu mă grăbesc. Mai am de făcut multe în știință mai întâi.

6

POZIȚIA MEA*

În articolul de față nu voi scrie dacă eu cred sau nu în Dumnezeu. Voi discuta în schimb despre modul în care abordez eu problema înțelegerii universului: care este starea de fapt și înțelegerea teoriei marii unificări, a „teoriei despre tot". Aici avem de-a face cu o problemă reală. Oamenii care ar trebui să studieze și să discute aceste probleme — filozofii — în cele mai multe cazuri nu au destulă pregătire matematică pentru a ține pasul cu dezvoltările moderne din fizica teoretică. Există o subspecie numită filozofi ai științei care ar trebui să fie mai bine echipată. Dar mulți dintre ei sunt fizicieni care au eșuat; ei au găsit că e prea dificil să inventezi teorii noi și s-au apucat în schimb să scrie despre filozofia fizicii. Ei se mai ceartă încă pe temele teoriilor științifice din primii ani ai secolului, cum ar fi relativitatea și mecanica cuantică. Ei nu se află în contact cu frontierele actuale ale fizicii.

Poate că sunt prea aspru cu filozofii, dar nici ei n-au fost foarte amabili cu mine. Demersul meu a fost descris ca prea naiv și prea simplist. M-au numit în felurite moduri: nominalist, instrumentalist, pozitivist, realist, folosind și multe alte isme. Tehnica pare să fie aceea a respingerii prin denigrare. Dacă-i poți lipi o etichetă procedeului meu, nu mai ai nevoie să spui ce e greșit acolo. Doar fiecare știe cu siguranță care sunt erorile fatale ale tuturor acestor isme.

* Conferință ținută la Colegiul Caius în mai 1992.

Cei care înfăptuiesc realmente progresele din fizica teoretică nu gândesc în categoriile pe care filozofii și istoricii științei le inventează a posteriori. Sunt sigur că lui Einstein, Heisenberg și Dirac nu le păsa dacă erau realiști sau instrumentaliști. Ei erau preocupați pur și simplu de faptul că teoriile existente nu se potriveau între ele. Căutarea consistenței logice intrinseci în fizica teoretică a fost totdeauna mai importantă pentru realizarea progreselor decât rezultatele experimentale. Teorii de altfel elegante și estetice au fost respinse, deoarece nu concordau cu observația, dar nu cunosc nici o teorie care să fi fost avansată doar pe baza experimentului. Teoria a venit totdeauna prima, ieșind în față din dorința de a avea un model matematic elegant și consistent. Teoria face apoi predicții care pot fi testate prin observație. Dacă observațiile confirmă predicțiile, teoria nu este validată, dar supraviețuiește ca să facă alte predicții, care sunt confruntate din nou cu observația. Dar dacă observațiile nu concordă cu predicțiile, teoria este abandonată.

Dar mai degrabă așa se presupune că se întâmplă. În practică însă, oamenii sunt foarte reticenți să renunțe la o teorie în care au investit mult timp și eforturi.* Ei încep de obicei prin a pune la îndoială acuratețea observațiilor. Dacă eșuează, ei încearcă să modifice ad hoc teoria. În cele din urmă, teoria devine un edificiu urât care scârțâie. Apoi cineva sugerează o teorie nouă, în care toate observațiile incomode sunt explicate într-un mod elegant și natural. Un exemplu de acest fel a fost experimentul Michelson-Morley, efectuat în 1887, care a arătat că viteza luminii este totdeauna aceeași, indiferent dacă sursa ori observatorul se mișcă. Acest fapt părea ridicol. În mod sigur, cineva care se deplasează către sursă trebuie să constate o viteză mai mare a luminii decât cineva care se deplasează în aceeași

* În pofida atitudinii sale față de istoricii științei, Hawking expune aici concepții foarte apropiate de teoria lui Thomas S. Kuhn; vezi cartea acestuia *Structura revoluțiilor științifice*. (N. t.)

direcție cu lumina. Și totuși, experimentul a arătat că amândoi observatorii măsoară exact aceeași viteză. În următorii optsprezece ani, oameni ca Hendrik Lorentz și George Fitzgerald au încercat să împace această observație în limitele ideilor acceptate despre spațiu și timp. Ei au introdus postulate ad hoc, cum ar fi presupunerea că obiectele devin mai scurte atunci când se deplasează cu viteze mari. Întregul cadru al fizicii a devenit stângaci și dizgrațios. Apoi, în 1905, Einstein a sugerat un punct de vedere mult mai atrăgător, în care timpul nu era privit complet separat și de sine stătător. În loc de aceasta, el era combinat cu spațiul într-un obiect cvadridimensional, numit spațiu-timp. Einstein a fost condus către această idee nu atât de rezultatele experimentale, cât de dorința de a face ca două părți ale teoriei să se potrivească reciproc într-un tot consistent. Cele două părți erau legile care guvernează câmpurile electrice și magnetice și legile care guvernează mișcările corpurilor.

Nu cred că Einstein, sau oricine altcineva, realiza în 1905 cât de simplă și de elegantă era noua teorie a relativității. Teoria revoluționa complet noțiunile noastre de spațiu și de timp. Acest exemplu ilustrează bine dificultatea de a fi realist în filozofia științei, întrucât ceea ce noi considerăm drept realitate este condiționat de teoria la care aderăm. Sunt sigur că Lorentz și Fitzgerald se considerau realiști, atunci când interpretau experimentul în termenii ideilor newtoniene de spațiu și timp absolute. Aceste noțiuni de spațiu și timp păreau să corespundă bunului-simț și realității. Totuși, cei care în zilele noastre sunt familiarizați cu teoria relativității și care alcătuiesc o minoritate încă deranjant de neînsemnată au un punct de vedere total diferit. Noi trebuie deci să le explicăm oamenilor înțelesul modern al unor concepte de bază cum sunt spațiul și timpul.

Dacă tot ceea ce considerăm noi ca fiind real depinde de teoria adoptată, cum putem face din realitate baza

filozofiei noastre? Aș spune că sunt realist în sensul următor: cred că există un univers acolo, așteptând să fie investigat și înțeles. Consider poziția solipsistă, după care totul este creația imaginației noastre, o pierdere de timp. Nimeni nu acționează pe această bază. Dar nu putem distinge ceea ce este real în univers fără o teorie. Am adoptat prin urmare punctul de vedere care a fost considerat naiv sau prea simplist, că o teorie fizică este un model matematic pe care îl folosim pentru a descrie rezultatele observațiilor. O teorie este bună dacă este un model elegant, dacă descrie o clasă largă de observații și dacă prezice rezultatele noilor observații. Dincolo de aceasta, nu are sens să ne întrebăm dacă teoria corespunde realității, deoarece nu știm independent de teorie ce este realitatea. Acest tablou al teoriilor științifice mă poate face instrumentalist sau pozitivist — și, așa cum am menționat mai sus, am fost considerat și una, și alta. Cel care m-a categorisit pozitivist a afirmat în continuare că, așa după cum toată lumea știe, pozitivismul nu mai e la modă, un alt caz de respingere prin denigrare. Poate că, într-adevăr, pozitivismul nu mai este la modă în ceea ce privește mofturile intelectuale de ieri, dar poziția pozitivistă pe care am schițat-o pare unica posibilă pentru cineva care caută noi legi și noi căi pentru descrierea universului. Nu este de nici un folos apelul la realitate, deoarece nu avem un concept de realitate independent față de model.

În opinia mea, credința nemărturisită într-o realitate independentă de model este cauza fundamentală a dificultăților întâmpinate de filozofi în domeniul mecanicii cuantice și al principiului de incertitudine. Există un faimos experiment mintal cunoscut sub numele de pisica lui Schrödinger. O pisică este plasată într-o cutie închisă. O armă țintește pisica și va trage dacă un nucleu radioactiv se va dezintegra. Probabilitatea unui astfel de eveniment este de cincizeci la sută. (Astăzi nimeni nu va îndrăzni să propună un astfel de lucru, nici măcar ca experiment mintal,

dar în timpul lui Schrödinger nu se auzise încă de protecția animalelor.)

Dacă se deschide cutia, vom găsi pisica fie vie, fie moartă. Dar, înainte de deschidere, starea cuantică a pisicii va fi un amestec între starea de pisică moartă și starea de pisică vie. Acest tablou este considerat de filozofii științei foarte greu de acceptat. Pisica nu poate fi jumătate împușcată și jumătate neîmpușcată, pretind ei, așa cum nici o femeie nu poate fi pe jumătate gravidă. Dificultatea lor apare deoarece ei folosesc implicit conceptul clasic de realitate în care fiecare obiect are o unică istorie definită. Specificul mecanicii cuantice este o altă concepție a realității. În această concepție, un obiect nu are doar o singură istorie, ci toate istoriile posibile. În cele mai multe cazuri, probabilitatea de a avea o anumită istorie va anula probabilitatea de a avea o istorie ușor diferită, dar, în anumite cazuri, probabilitățile istoriilor vecine se întăresc reciproc. Una dintre aceste istorii întărite este cea pe care o observăm ca istorie a obiectului.

În cazul pisicii lui Schrödinger, sunt două istorii care se întăresc. Într-una, pisica este împușcată, în timp ce în alta, pisica rămâne vie. În teoria cuantică ambele posibilități pot exista împreună. Dar anumiți filozofi se împotmolesc aici deoarece presupun implicit că pisica poate avea numai o singură istorie.

Natura timpului constituie un alt exemplu de domeniu în care teoriile noastre din fizică determină conceptul nostru de realitate. Se consideră firesc ca timpul să fi curs permanent, indiferent de ceea ce se întâmplă, dar teoria relativității a combinat spațiul cu timpul și a afirmat că amândouă pot fi răsucite sau distorsionate de materia și energia din univers. În acest fel, modul nostru de a percepe natura timpului s-a schimbat de la independența acestuia până la fasonarea lui de către univers. Este acum de conceput că timpul ar putea să nu fie definit înaintea unui anumit punct; pe măsură ce se merge înapoi în timp, se

poate ajunge la o barieră insurmontabilă, la o singularitate, dincolo de care nu se poate trece. Dacă aceasta este situația, atunci nu ar avea sens să întrebăm ce sau cine a cauzat sau creat big bang-ul. A vorbi despre cauză sau creație presupune în mod implicit existența timpului înaintea singularității big bang-ului. Știm de douăzeci și cinci de ani despre prezicerea teoriei generale a relativității, conform căreia timpul își are începutul într-o singularitate de acum cincisprezece miliarde de ani. Dar filozofii nu s-au împăcat cu ideea aceasta. Ei se mai preocupă încă de fundamentarea mecanicii cuantice care a avut loc acum șaizeci și cinci de ani. Ei nu au înțeles că frontierele fizicii s-au schimbat.

Și mai rău stau lucrurile cu conceptul matematic al timpului imaginar, în legătură cu care Jim Hartle și cu mine am afirmat că universul s-ar putea să nu aibă nici un început, nici un sfârșit. Am fost atacat în mod sălbatic de un filozof al științei pentru că am vorbit despre timpul imaginar. El a spus: Ce poate avea de-a face un truc matematic cum este timpul imaginar cu universul real? Cred că filozoful făcea confuzie între termenii matematici de număr real și imaginar și modul în care realul și imaginarul sunt folosiți în limbajul de fiecare zi. Acest fapt ilustrează întrebarea mea precedentă: cum putem ști ce este real, independent de teoria sau modelul cu care facem interpretarea?

Pentru a ilustra problemele cu care suntem confruntați atunci când dorim să înțelegem universul, am folosit exemple din mecanica cuantică și din relativitate. Nu are importanță dacă nu înțelegeți relativitatea sau mecanica cuantică, sau chiar dacă aceste teorii sunt incorecte. Ceea ce sper că am demonstrat este că un anume fel de demers pozitivist, în care o teorie este privită ca un model, reprezintă calea unică de înțelegere a universului, cel puțin pentru un fizician teoretician. Sper că vom găsi un model consistent care să descrie totul în univers. Dacă o vom face, va fi un adevărat triumf al rasei umane.

7
SE ÎNTREVEDE SFÂRȘITUL FIZICII TEORETICE?*

În aceste pagini, doresc să aduc în discuție posibilitatea ca scopul fizicii teoretice să fie atins într-un viitor nu prea îndepărtat, să spunem, până la sfârșitul secolului. Prin aceasta înțeleg că am putea avea o teorie completă, consistentă și unificată a interacțiunilor fizice care ar descrie toate observațiile posibile. Desigur că trebuie să fim foarte precauți în a face asemenea predicții. În trecut, am crezut cel puțin de două ori că suntem în pragul sintezei finale. La începutul secolului, s-a crezut că se poate înțelege totul pe baza mecanicii continuumului. Tot ce trebuia să se măsoare era un anumit număr de coeficienți de elasticitate, vâscozitate, conductivitate etc. Această speranță a fost zdruncinată de descoperirea structurii atomice și a mecanicii cuantice. Iarăși, în anii 1920, Max Born a declarat unui grup de oameni de știință care vizitau Göttingenul că „fizica așa cum o știm, va fi gata peste șase luni". Aceasta se întâmpla la scurt timp după descoperirea de către Paul Dirac, precedentul titular al catedrei Lucas, a ecuației Dirac, care guvernează comportarea electronului. Se credea că o ecuație similară guvernează și comportarea protonului, singura particulă presupusă elementară cunoscută în acel timp, în afara electronului. Totuși, descoperirea neutronului și a forțelor nucleare a spulberat această speranță.

* Pe data de 29 aprilie 1980, am fost numit profesor la catedra Lucas de la Cambridge. Acest eseu, care constituie lecția mea inaugurală, a fost citit de unul dintre studenții mei.

Știm acum că, de fapt, nici neutronul și nici protonul nu sunt elementari, ci sunt alcătuiți din particule mai mici. Totuși, am făcut multe progrese în anii recenți și, așa cum voi arăta, există anumite temeiuri pentru un optimism prudent privind apariția unei teorii complete în timpul vieții câtorva dintre cei ce citesc aceste pagini.

Dar chiar dacă vom ajunge la o teorie complet unificată, nu vom fi capabili să facem predicții detaliate decât în cele mai simple dintre situații. Noi știm, de exemplu, legile fizicii care guvernează tot ceea ce întâlnim în viața de toate zilele. Așa cum a remarcat Dirac, ecuația lui este baza „celei mai mari părți din fizică și a întregii chimii". Totuși, noi am fost capabili să rezolvăm ecuația lui Dirac numai pentru cel mai simplu dintre sisteme, și anume atomul de hidrogen, care constă dintr-un proton și un electron. Pentru atomii mai complicați, cu mai mulți electroni, ca să nu mai vorbim despre molecule, cu mai mult decât un nucleu, trebuie să recurgem la aproximații și ghiceli intuitive cu validitate dubioasă. Pentru sistemele macroscopice, care constau din zece la puterea douăzeci și trei de particule, sau mai mult, trebuie să folosim metode statistice și să abandonăm orice pretenție de a rezolva exact ecuațiile. Deși, în principiu, noi știm care sunt ecuațiile care guvernează întreaga biologie, studiul comportării umane nu se poate reduce la o ramură a matematicilor aplicate.

Ce înțelegem printr-o teorie completă și unificată a fizicii? Încercările noastre de a modela realitatea fizică constau în mod normal din două părți:

1. Un set de legi locale care sunt respectate de diferitele cantități fizice. Acestea din urmă sunt formulate de obicei în termeni de ecuații diferențiale.

2. Seturi de condiții la limită care ne descriu starea unor regiuni ale universului la un anumit moment și ce efecte se pot propaga ulterior din restul universului în aceste regiuni.

Mulți oameni ar putea pretinde că rolul științei este limitat la primul dintre aceste puncte și că fizica teoretică își va fi îndeplinit misiunea atunci când va fi obținut un set complet de legi fizice locale. Ei ar putea privi problema condițiilor inițiale ale universului ca ținând de domeniul metafizicii sau al religiei. Într-un fel, această atitudine este asemănătoare cu a acelora care, cu secole mai înainte, descurajau demersul științific, spunând că toate fenomenele naturale reprezintă lucrarea lui Dumnezeu, care nu trebuie cercetată. Eu cred că și condițiile inițiale ale universului sunt potrivite ca subiect al studiului științific și al teoriei, tot așa cum sunt legile fizice locale. Nu vom avea o teorie completă până când nu vom putea face mai mult decât să spunem că „lucrurile sunt așa cum sunt, deoarece au fost așa cum au fost".

Problema unicității condițiilor inițiale este strâns legată de arbitrarul legilor fizice globale: o teorie nu poate fi considerată completă în cazul în care conține un număr de parametri ajustabili cum sunt masele sau constantele de cuplaj, cărora să li se poată da orice valoare se dorește. În realitate, se pare că nici condițiile inițiale, nici valorile parametrilor din teorie nu sunt arbitrare, ci sunt alese sau fixate cu multă grijă. Dacă, de exemplu, diferența dintre masa protonului și a neutronului n-ar fi aproximativ egală cu de două ori masa electronului, nu s-ar fi obținut cei circa două sute de nuclizi stabili, care formează elementele chimice constituind baza chimiei și a biologiei. Analog, dacă masa protonului ar fi fost semnificativ diferită față de cea actuală, n-ar fi existat stele în care acești nuclizi să se formeze, iar dacă expansiunea inițială a universului ar fi fost ceva mai mică, sau ceva mai mare, atunci universul ar fi colapsat înainte ca stelele să fi putut evolua, sau s-ar fi extins atât de repede, încât stelele nu s-ar fi putut forma prin condensare gravitațională.

De aici, unii cercetători au mers atât de departe, încât ridică aceste restricții ale condițiilor inițiale și ale parametrilor la rangul de principiu — principiul antropic — ce

poate fi parafrazat prin afirmația „lucrurile sunt așa cum sunt deoarece noi existăm". Conform unei versiuni a principiului, există un număr de universuri diferite, separate, cu valori diferite ale parametrilor fizici și cu condiții inițiale diferite. Cele mai multe dintre aceste universuri nu vor oferi condiții propice pentru dezvoltarea structurilor complicate necesare vieții inteligente. Numai în puține cazuri, cu condiții și parametri asemănători cu cei din universul nostru, va fi posibil ca viața inteligentă să se dezvolte și să se formuleze întrebarea: „De ce este universul așa cum îl observăm noi?" Răspunsul este, desigur, că, dacă ar fi fost altfel, n-ar fi existat nimeni care să pună întrebarea.

Principiul antropic oferă un fel de explicație pentru multe dintre relațiile numerice remarcabile care sunt observate între parametrii fizici. Totuși, principiul nu este complet satisfăcător; nu te poți lupta cu ideea că există o explicație mai adâncă. Totodată, explicația nu ține seamă de toate regiunile universului. De exemplu, sistemul nostru solar este, desigur, o condiție prealabilă pentru existența noastră, ca și, de altfel, prezența unei generații mai vechi de stele vecine, în care elementele grele să se fi format prin sinteză nucleară. Este posibil să fi fost necesară și întreaga noastră galaxie. În schimb, nu pare să fi fost deloc necesare alte galaxii, darămite milioanele de milioane de galaxii pe care le vedem distribuite aproape uniform în universul observabil. Această omogenitate la scară mare a universului face foarte greu de crezut că structura sa poate fi determinată de ceva atât de periferic cum sunt niște structuri moleculare complicate de pe o planetă minoră care orbitează în jurul unei stele mijlocii oarecare, aflată în suburbia îndepărtată a unei galaxii spirale tipice.

Dacă nu facem apel la principiul antropic, avem nevoie de o teorie unificatoare pentru a explica condițiile inițiale ale universului și valorile diferiților parametri fizici. Este dificil totuși să concepi dintr-odată o teorie despre orice (deși aceasta nu pare să-i descurajeze pe toți; în fiecare săptămână, primesc prin poștă două sau trei teorii unificate).

În locul acesteia, căutăm teorii parțiale, descriind situații în care anumite interacții pot fi ignorate sau aproximate într-un mod simplu. Mai întâi, împărțim conținutul material al universului în două părți: particulele „materiale", cum ar fi cuarcii, electronii, miuonii etc. și „interacțiile" ca gravitația, electromagnetismul etc. Particulele de materie sunt descrise de câmpuri cu spinul semiîntreg și se supun principiului de excluziune al lui Pauli care interzice ca o stare să fie ocupată altfel decât de o singură particulă de același fel. Acesta este motivul pentru care putem avea corpuri solide care nu colapsează până la dimensiuni punctuale și nu se împrăștie la infinit. Particulele materiale se împart în două grupuri: hadronii, care sunt compuși din cuarci, și leptonii, care cuprind restul de particule.

Interacțiile sunt divizate fenomenologic în patru categorii. În ordinea intensității, acestea sunt: forțele nucleare tari, care interacționează numai cu hadronii; electromagnetismul, care interacționează cu hadronii și cu leptonii încărcați; forțele nucleare slabe, care interacționează cu toți hadronii și leptonii și, în final, de departe cea mai slabă dintre toate, gravitația, care interacționează cu orice. Interacțiile sunt reprezentate de câmpuri cu spin întreg, care nu se supun principiului de excluziune al lui Pauli. Aceasta înseamnă că ele pot avea mai multe particule în aceeași stare. În cazul electromagnetismului și gravitației, interacțiile sunt, în plus, de lungă distanță, ceea ce înseamnă că, prin aglomerarea de particule, câmpul produs este aditiv și poate da naștere unui câmp detectabil la scara macroscopică. Din aceste motive, cele două câmpuri au fost primele descrise în teorii dezvoltate de Newton în secolul al XVII-lea pentru gravitație și de Maxwell în secolul al XIX-lea pentru electromagnetism. Totuși, aceste teorii erau fundamental incompatibile și aceasta deoarece teoria lui Newton este invariantă dacă întregul sistem se deplasează cu o viteză uniformă, în timp ce teoria lui Maxwell definește o viteză preferențială — viteza luminii. În cele din urmă, teoria gravitației a lui Newton a trebuit să fie modificată pentru a o

face compatibilă cu proprietățile de invarianță ale teoriei lui Maxwell. Acest deziderat a fost înfăptuit de teoria relativității generale a lui Einstein, care a fost formulată în 1915.

Teoria relativității generale (a gravitației) și teoria electrodinamicii a lui Maxwell sunt teorii așa-zis clasice, adică ele implică mărimi care pot varia continuu și care, cel puțin în principiu, pot fi măsurate cu o precizie arbitrară. Însă, atunci când s-a încercat să se folosească astfel de teorii pentru construirea unui model al atomului, a apărut o problemă. Se descoperise faptul că atomul este format dintr-un nucleu mic, încărcat pozitiv și înconjurat de un nor de electroni încărcați negativ. S-a presupus în mod firesc că electronii orbitează în jurul nucleului, așa cum pământul orbitează în jurul soarelui. Dar teoria clasică prezicea că electronii trebuie să radieze unde electromagnetice. Undele ar trebui să poarte cu ele energie, din care cauză electronii ar cădea după o traiectorie spirală pe nucleu, provocând colapsul atomului.

Această problemă a fost depășită cu ajutorul a ceea ce constituie fără îndoială cea mai mare cucerire a fizicii teoretice din acest secol: descoperirea teoriei cuantice. Postulatul fundamental al acesteia este principiul incertitudinii al lui Heisenberg, după care anumite perechi de mărimi, cum ar fi poziția și impulsul unei particule, nu pot fi măsurate simultan cu o precizie arbitrară. În cazul atomului, aceasta înseamnă că, în starea de energie minimă, electronul nu poate fi în repaus în nucleu, deoarece, în acest caz, poziția sa ar fi definită exact (în nucleu) și viteza sa ar fi de asemenea definită (egală cu zero). De fapt, și poziția și viteza electronului ar trebui să fie împrăștiate cu o anumită distribuție de probabilitate în jurul nucleului. În această stare, electronul nu ar putea radia energie sub formă de unde electromagnetice, deoarece n-ar mai exista nici o stare de energie mai joasă pe care să treacă.

În anii douăzeci și treizeci, mecanica cuantică a fost aplicată cu mare succes la sisteme ca atomii și moleculele,

care au numai un număr finit de grade de libertate. Au apărut totuși dificultăți atunci când fizicienii au încercat s-o aplice câmpului electromagnetic, care are un număr infinit de grade de libertate, grosso modo câte două în fiecare punct din spațiul-timp. Putem privi aceste grade de libertate ca pe niște oscilatori, fiecare cu propria sa poziție și propriul său impuls. Oscilatorii nu pot fi toți în repaus, deoarece atunci ar avea poziții și impulsuri exact definite. În loc de aceasta, oscilatorii trebuie să aibă o cantitate din ceea ce se numește fluctuație de zero și o energie diferită de zero. Energia numărului infinit de grade de libertate ar face ca masa și sarcina aparente ale electronului să devină infinite.

Pentru a depăși aceste dificultăți, la sfârșitul anilor patruzeci, a fost folosită o procedură numită renormare. Procedura constă în scăderea oarecum arbitrară a anumitor cantități infinite, pentru a obține resturi finite. În cazul electrodinamicii, au fost necesare două astfel de substracții, una pentru masa, cealaltă pentru sarcina electronului. Procedura de renormare nu a fost pusă niciodată pe o bază matematică sau conceptuală fermă, dar a funcționat foarte bine în practică. Marele său succes a fost prezicerea unei mici deplasări, numită deplasarea Lamb, a anumitor linii din spectrul hidrogenului atomic. Totuși, această procedură nu este prea satisfăcătoare din punctul de vedere al încercărilor de a construi o teorie completă, deoarece nu face nici o predicție asupra valorilor resturilor finite după efectuarea substracțiilor infinite. Va trebui deci să recădem în principiul antropic pentru a explica de ce are electronul masa și sarcina pe care le are.

În perioada anilor '50 și '60, se credea în general că forțele nucleare slabe și tari nu sunt renormabile, ceea ce însemna că ele necesită un număr infinit de substracții infinite pentru a le face finite. S-ar fi obținut un număr infinit de resturi finite care n-ar fi fost determinate de teorie. O astfel de teorie n-ar fi avut putere de predicție, deoarece nu se

poate măsura niciodată un număr infinit de parametri. Totuşi, în 1971, Gerard't Hooft a arătat că un model unificat al interacţiilor electromagnetică şi slabă care fusese propus mai înainte de Abdus Salam şi Steven Weinberg era într-adevăr renormabil cu doar un număr finit de substracţii infinite. În teoria Weinberg-Salam, fotonul (particula de spin 1 care mediază interacţia electromagnetică) este asociat cu alţi trei parteneri de spin 1, numiţi W^+, W^- şi Z^0. La energii foarte mari, se prezice că aceste patru particule se comportă în mod similar. La energii joase însă, pentru a explica de ce fotonul are masa zero, în timp ce W^+, W^- şi Z^0 sunt particule cu masă, se invocă un fenomen numit ruperea spontană de simetrie. Predicţiile la joasă energie ale acestei teorii au fost în acord remarcabil cu experienţa, ceea ce a determinat Academia Suedeză să acorde premiul Nobel pentru fizică în 1979 lui Salam, Weinberg şi Sheldon Glashow, care au construit teorii unificate similare. Glashow însuşi a remarcat că membrii comitetului Nobel au mizat mai mult pe noroc, deoarece nu avem încă acceleratori de particule de energie destul de înaltă ca să testăm teoria în domeniul de energii în care are loc efectiv unificarea forţelor electromagnetice, mediate de fotoni, cu forţele slabe, mediate de W^+, W^- şi Z^0. În câţiva ani, vor exista acceleratori puternici, iar majoritatea fizicienilor consideră că teoria Weinberg-Salam va fi confirmată.*

Succesul teoriei Weinberg-Salam a stimulat căutarea unei teorii renormabile similare pentru interacţiile tari. Cu destul timp înainte, se realizase că protonul şi alţi hadroni, ca mezonul pi, nu pot fi particule cu adevărat elementare şi că ele trebuie să fie stări legate ale altor

* Particulele W şi Z au fost observate în laboratoarele de la CERN în 1983, iar în 1984 a fost acordat un alt premiu Nobel lui Carlo Rubbia şi Simon van der Meere, conducătorii echipei care a făcut descoperirea. Persoana care lipseşte de pe lista premiului este 't Hooft.

particule, numite cuarci. Aceştia din urmă par să aibă o proprietate ciudată: deşi se mişcă liber în interiorul hadronului, pare să fie imposibil să se obţină un cuarc de unul singur; cuarcii apar totdeauna fie câte trei (ca în cazul protonului şi neutronului), fie în perechi alcătuite dintr-un cuarc şi un anticuarc (ca în cazul mezonului pi). Pentru a explica această particularitate, cuarcii au fost înzestraţi cu un atribut numit culoare. Trebuie subliniat că nu există nimic comun între această noţiune şi percepţia umană normală a culorilor; cuarcii sunt prea mici pentru a fi zăriţi în lumina vizibilă. Este mai mult un nume convenabil. Ideea este că fiecare cuarc poate apărea având una din culorile roşu, verde şi albastru, dar fiecare stare legată luată separat, cum este hadronul, trebuie să fie incoloră, adică să fie ori o combinaţie de roşu, verde şi albastru, ca protonul, ori un amestec de roşu şi antiroşu, verde şi antiverde, sau albastru şi antialbastru, ca mezonul pi.

Se presupune că interacţiile tari sunt mediate de nişte particule cu spinul unu, numite gluoni, analogii particulelor care mediază interacţia slabă. Gluonii poartă de asemenea culori*; împreună cu cuarcii, ei sunt descrişi de o teorie renormabilă numită cromodinamica cuantică, prescurtat, QCD.** O consecinţă a procedurii de renormare este dependenţa constantei de cuplaj efectiv a teoriei de energia la care se face măsurătoarea. Constanta de cuplaj descreşte spre zero la energii mari. Acest fenomen este numit libertate asimptotică. Semnificaţia denumirii este comportarea aproape liberă a cuarcilor dintr-un hadron la ciocnirile de la energii foarte mari, astfel că perturbaţiile lor pot fi tratate cu succes de teoria perturbaţiilor. Predicerile teoriei perturbaţiilor sunt într-un acord cantitativ rezonabil cu observaţiile, dar nu putem încă pretinde cu adevărat că teoria a fost verificată experimental. La energii joase, constanta efectivă de cuplaj devine foarte mare şi

* Numai şase dintre cei opt gluoni poartă culoare. (*N. t.*)
** După numele în engleză, Quantum Chromodynamics. (*N. t.*)

teoria perturbațiilor eșuează. Se speră că această „sclavie infraroșie"* va explica de ce cuarcii sunt totdeauna confinați în stări legate incolore, dar, până acum, nimeni n-a fost în stare s-o facă în mod convingător.

Odată obținute o teorie renormabilă pentru interacțiile tari și alta pentru interacțiile slabe și electromagnetice, era firesc să se caute o teorie care să le combine pe acestea două. Acestor teorii li se dă numele exagerat de „mari teorii unificate", sau GUT**. Este greșit, deoarece aceste teorii nu sunt nici așa de mari, nici complet unificate și nici complete, în sensul că posedă un număr de parametri de renormare nedeterminați, cum ar fi constantele de cuplaj și masele. Totuși, acestea pot fi un pas semnificativ înainte către o teorie complet unificată. Ideea de bază este următoarea: constanta efectivă de cuplaj a interacțiilor tari, care este mare la energii mici, descrește treptat la energii mari, datorită libertății asimptotice. Pe de altă parte, constanta efectivă de cuplaj a teoriei Weinberg-Salam, care este mică la energii joase, crește treptat la energii înalte, deoarece teoria nu este liberă asimptotic. Dacă se extrapolează rata de creștere și de descreștere a constantelor de cuplaj de la energii joase la energii înalte, se vede că, la energia de circa 10^{15} GeV, constantele devin egale. (Un GeV este un miliard de electron-volți. Este aproximativ energia pe care ar elibera-o un atom de hidrogen dacă ar fi total convertit în energie. Pentru comparație, energia eliberată de reacțiile chimice — cum ar fi arderea — este de ordinul unui electron-volt per atom.) Teoriile presupun că, deasupra acestei energii, interacțiile tari sunt unificate cu interacțiile slabe și electromagnetice, dar că, la energii joase, are loc o rupere spontană de simetrie.

Energia de 10^{15} GeV este mult în afara posibilităților oricărui echipament de laborator; generația actuală de

* Aluzie la faptul că razele infraroșii se află dincolo de limita joasă a spectrului optic. (*N. t.*)

** După numele lor în engleză, Grand Unified Theories. (*N. t.*)

acceleratori poate produce energii de aproximativ 10 GeV în centrul de masă, iar generația următoare va ajunge la vreo 100 GeV*. Această energie va fi suficientă pentru a explora domeniul în care, conform teoriei Weinberg-Salam, forțele electromagnetice trebuie să se unifice cu forțele slabe, dar nu și pentru a-l testa pe cel al energiilor enorme, la care se prezice unificarea dintre forțele slabe și electromagnetice cu forțele tari. Pentru limita energiilor joase ale teoriilor marii unificări pot fi făcute totuși predicții testabile în laborator. De exemplu, teoriile prevăd că protonul nu trebuie să fie complet stabil, ci trebuie să se dezintegreze cu un timp de viață de ordinul a 10^{31} de ani. Limita minimă experimentală pentru timpul de viață este în prezent de circa 10^{30} ani, dar este posibil ca această valoare să fie îmbunătățită.

Altă predicție observabilă privește raportul dintre numărul de barioni și fotoni din univers. Legile fizicii par să fie aceleași și pentru particule, și pentru antiparticule. Mai exact, legile rămân aceleași dacă particulele sunt înlocuite cu antiparticule, dacă particulele „de mâna stângă" se înlocuiesc cu cele „de mâna dreaptă"** și dacă vitezele tuturor particulelor își schimbă semnul. Această afirmație este cunoscută sub numele de teorema CPT; ea este consecința unor presupoziții care trebuie să rămână valabile în orice teorie rezonabilă. Și totuși, pământul, ba chiar întreg sistemul solar, au în compoziția lor numai protoni și neutroni, fără vreun antiproton sau antineutron. Acest excedent de particule față de antiparticule este, desigur, încă o condiție apriorică a existenței noastre, deoarece, dacă sistemul nostru solar ar fi fost compus dintr-un amestec

* Energiile obținute în prezent sunt de aproape o sută de ori mai mari. (*N. t.*)

** Dacă spinul unei particule este interpretat ca rezultatul rotației acesteia, atunci, privind în lungul traiectoriei, în sensul de deplasare al particulei, unele particule se „văd" rotindu-se spre dreapta, altele spre stânga, de unde și clasificarea amintită în text. (*N. t.*)

egal de particule și antiparticule, acestea s-ar fi anihilat reciproc, lăsând numai radiații. Dar, din faptul că observațiile nu atestă existența radiației de anihilare, putem deduce că galaxia noastră este compusă în întregime din particule și nu din antiparticule. Nu avem dovezi directe despre celelalte galaxii, dar se pare că și ele sunt compuse din particule, la fel ca întreg universul, în care există un exces de particule față de antiparticule de circa o particulă față de 10^8 fotoni.* Se poate încerca justificarea acestui fapt invocând principiul antropic, dar teoriile marii unificări oferă un mecanism pentru explicarea discrepanței. Deși toate interacțiile par să fie invariante la combinarea lui C (înlocuirea particulelor prin antiparticule), cu P (schimbarea particulelor de mâna dreaptă cu particule de mâna stângă) și cu T (inversarea sensului timpului), există interacții care nu sunt invariante numai la acțiunea lui T. În universul timpuriu, în care, datorită expansiunii, săgeata timpului era puternic marcată, aceste interacții puteau produce mai multe particule decât antiparticule. Totuși, numărul de particule în exces depinde foarte mult de model, astfel că acordul teoriei cu experimentul nu poate constitui o confirmare a teoriilor marii unificări.

Până acum, efortul cel mai mare a fost îndreptat către unificarea primelor trei categorii de interacții, a forțelor nucleare tari și slabe și a electromagnetismului. Cea de-a patra și ultima interacție, gravitația, a fost neglijată. Situația se poate justifica, deoarece gravitația este atât de slabă, încât efectele gravitaționale cuantice sunt mari numai la energii mult mai înalte decât oricare dintre cele obținute la acceleratori. Altă justificare vine de la caracterul nerenormabil al gravitației; pentru a obține răspunsuri finite, se pare că trebuie făcut un număr infinit, de substracții,

* Cu alte cuvinte, pentru fiecare particulă din univers există câte 10^8 fotoni, rezultați din anihilarea perechilor particulă-antiparticulă prezente la început. Tot universul actual n-ar fi deci decât restul infim format din particulele care „nu și-au găsit perechea". (*N. t.*)

obținând un număr corespunzător, infinit, de resturi finite, nedeterminate. Și totuși, pentru obținerea unei teorii total unificate, gravitația trebuie inclusă. Mai mult, teoria clasică a relativității generale prezice existența unor singularități spațio-temporale în care câmpul gravitațional ar deveni infinit de intens. Aceste singularități ar fi intervenit în trecut la începutul prezentei expansiuni a universului (big bang) și în viitor, la colapsul gravitațional al stelelor, ca și, ca o posibilitate, la colapsul universului însuși (big crunch). Prezicerea singularităților indică probabil că teoria clasică nu va mai fi totdeauna valabilă. Nu par totuși să existe rațiuni pentru care teoria clasică să nu mai fie corectă înainte de creșterea câmpului gravitațional până la valoarea de la care efectele gravitației cuantice să devină importante. Așadar, teoria cuantică a gravitației este esențială dacă dorim să descriem universul timpuriu și să dăm apoi explicații pentru condițiile inițiale, înainte de a face apel la principiul antropic.

O astfel de teorie este necesară de asemenea în cazul în care dorim să răspundem la întrebarea dacă timpul are cu adevărat un început și, posibil, un sfârșit, așa cum prezice teoria clasică a relativității generale, sau, dacă singularitățile de la big bang și big crunch sunt șterse cumva de efecte cuantice? Este o treabă foarte dificilă să dai o semnificație bine definită acestei chestiuni, când chiar structurile spațiului și timpului sunt supuse principiului de incertitudine. Cred că singularitățile sunt probabil încă prezente și că timpul continuă într-un anume sens matematic și după ele. Totuși, orice concept subiectiv de timp, legat de conștiință sau de capacitatea de a efectua măsurători, va dispărea.

Care sunt perspectivele de a obține o teorie cuantică a gravitației și de a o unifica împreună cu celelalte trei categorii de interacții? Cea mai mare speranță se sprijină pe o extindere a relativității generale numită supergravitație. Particula cu spinul 2, gravitonul, care mediază interacția

gravitațională, este legată în cadrul acestei teorii de un număr de alte câmpuri cu spin mai mic printr-o transformare numită supersimetrie. Teoria de acest fel are marele merit că înlătură vechea dihotomie dintre „materie", reprezentată de particulele cu spin semiîntreg, și „interacție", reprezentată de particulele cu spin întreg. Ea are de asemenea marele avantaj că mulțimile de infinități care apar în teoria cuantică se anulează reciproc. Nu se știe încă dacă această anulare are drept rezultat o teorie finită fără vreun fel de substracții. Se speră acest lucru, deoarece se poate arăta că teoriile care includ gravitația sunt ori finite, ori nerenormabile: dacă trebuie efectuată vreo substracție infinită, atunci trebuie efectuat un număr infinit de substracții, cu un număr corespunzător infinit de resturi nedeterminate. Așadar, dacă toate infiniturile din supergravitație ajung să se anuleze unul pe celălalt, am putea avea o teorie care nu numai că unifică pe deplin toate particulele materiale și toate interacțiile, dar mai este și completă, în sensul că nu mai posedă nici un parametru de renormare nedeterminat.

Nu avem încă o teorie cuantică a gravitației adecvată, ca să nu mai vorbim de o teorie care să o unifice cu celelalte interacții fizice. Avem însă o idee despre câteva dintre trăsăturile pe care trebuie să le posede. Una dintre aceste trăsături este legată de faptul că gravitația afectează structura cauzală a spațiului-timp; gravitația determină care evenimente pot fi corelate cauzal între ele. Un exemplu de acest fel din teoria clasică a relativității generale este oferit de gaura neagră, regiunea din spațiu în care câmpul gravitațional este atât de puternic, încât orice fel de lumină sau orice alt semnal este tras înapoi în regiune și nu poate scăpa în lumea exterioară. Câmpul gravitațional intens de lângă gaura neagră este cauza producerii perechilor de particule și antiparticule, cu una dintre componentele fiecărei perechi prăbușindu-se în gaura neagră, iar cealaltă evadând la infinit. Particula evadată apare ca emisă de

gaura neagră. Un observator aflat la distanță de gaura neagră poate măsura numai particulele emergente și nu le poate corela cu acelea care cad în gaura neagră, deoarece nu le poate observa. Aceasta înseamnă că particulele emergente au un grad de hazard sau de imprevizibil în plus față de acela asociat de obicei cu principiul incertitudinii. În situațiile normale, principiul de incertitudine afirmă că se poate prezice exact *fie* poziția, *fie* viteza unei particule, *fie* o combinație a poziției și vitezei. Vorbind grosso modo, capacitatea cuiva de a face predicții este înjumătățită. Dar, în cazul particulelor emise de găurile negre, faptul că nu se poate observa ce se petrece în interiorul găurii înseamnă că nu se pot prezice *nici* vitezele, *nici* pozițiile particulelor emise. Tot ce se poate obține este doar probabilitatea ca particulele să fie emise în anumite moduri.

Chiar dacă vom găsi o teorie unificată, nu vom putea face deci decât predicții statistice. Va trebui, totodată, să abandonăm concepția potrivit căreia există un singur univers observat. În locul ei, va trebui adoptată o imagine în care se află toate universurile posibile cu o anumită distribuție de probabilitate. Acest tablou poate explica de ce universul a debutat prin big bang la echilibru termic aproape perfect: deoarece echilibrul termic corespunde celui mai mare număr de configurații microscopice și deci celei mai mari probabilități. Pentru a-l parafraza pe Pangloss, filozoful lui Voltaire, putem afirma că „trăim în cea mai probabilă dintre toate lumile posibile".

Care sunt perspectivele de a găsi o teorie complet unificată într-un viitor nu prea îndepărtat? De fiecare dată când ne-am extins observațiile la scări mai mici de lungime și la energii mai înalte, am descoperit noi straturi de structură. La începutul secolului, descoperirea mișcării browniene, cu o energie tipică de 3×10^{-2} eV, a arătat că materia nu este continuă, ci este alcătuită de atomi. La scurt timp, s-a descoperit că acești atomi, presupuși indivizibili, sunt

alcătuiți din electroni orbitând în jurul unui nucleu și având energii de câțiva electron-volți. La rândul său, nucleul s-a dovedit compus din particule așa-zis elementare, protonii și neutronii, ținuți împreună de legături nucleare având circa 10^9 eV. Dacă în momentul de față avem nevoie de mașini enorme și de mulți bani pentru a efectua un experiment al cărui rezultat nu-l putem prezice, acesta este tributul pe care îl plătim pentru că am ajuns atât de departe.

Experiența noastră de până acum ne poate sugera că la energii din ce în ce mai înalte există o secvență infinită de straturi de structură. O astfel de imagine a regresiunii infinite de cutii în cutii a fost dogma oficială în China sub Banda celor patru. Totuși, gravitația pare să impună o limită, dar numai la scara de lungime foarte mică de 10^{-33} cm, echivalentă cu energia foarte înaltă de 10^{28} eV. La distanțe mai mici decât aceasta, se așteaptă ca spațiul-timp să înceteze de a se comporta ca un continuu neted, dobândind o structură ca de spumă, din cauza fluctuațiilor cuantice ale câmpului gravitațional.

Între limita noastră experimentală actuală, de circa 10^{10} eV, și bariera de 10^{28} eV există o regiune neexplorată foarte mare. Pare naiv să presupunem, așa cum se face în teoriile marii unificări, că în acest interval enorm s-ar afla numai unul sau două straturi de structură. Există totuși temeiuri pentru optimism. Cel puțin pentru moment se pare că gravitația poate fi unificată cu celelalte interacții fizice numai printr-o teorie de supergravitație. S-a demonstrat că există doar un număr finit de astfel de teorii. În particular, există o teorie, cea mai cuprinzătoare, așa-numita supergravitație extinsă cu N = 8. Ea conține un graviton, opt particule de spin 3/2, numite gravitino, douăzeci și opt de particule cu spinul 1, cincizeci și șase de particule cu spinul 1/2 și șaptezeci de particule cu spinul zero. Oricât de mari ar părea aceste numere, ele nu sunt destul de mari ca să țină cont de toate particulele pe care le observăm în interacțiile slabe și tari. De exemplu, teoria cu N = 8

are douăzeci și opt de particule cu spinul 1. Acestea sunt suficiente pentru reprezentarea gluonilor care mediază interacțiile tari și a două dintre cele patru particule care mediază interacțiile slabe, dar nu și a celorlalte două. Ar trebui să deducem că multe, sau cele mai multe dintre particulele observate, cum ar fi gluonii sau cuarcii, nu sunt cu adevărat elementare, așa cum apar pentru moment, ci constituie de fapt niște stări legate ale particulelor fundamentale cu N = 8. Dacă ținem seamă de perspectivele bazate pe tendințele economice curente, nu este de crezut că vom putea avea în viitorul previzibil, ori chiar vreodată, acceleratori destul de puternici pentru verificarea acestor structuri compuse. Și totuși, faptul că aceste stări legate apar din teoria precisă cu N = 8 ar trebui să ne permită efectuarea unui număr de predicții ce ar putea fi testate la energii accesibile în prezent sau în viitorul apropiat. Situația ar putea fi așadar asemănătoare cu aceea din teoria Weinberg-Salam care unifică electromagnetismul și interacțiile slabe. Predicțiile pentru energii joase ale teoriei Weinberg-Salam se află într-un acord atât de bun cu experimentul, încât teoria este acum general acceptată, chiar dacă nu am atins energia la care ar trebui să aibă loc unificarea.

O teorie care descrie universul trebuie să aibă anumite caracteristici distinctive. Din ce motiv se naște acest fel de teorie anume, în timp ce alte teorii rămân numai în mințile inventatorilor lor? Teoria supergravitației cu N=8 are anumite pretenții justificate de a fi una specială. Ea pare să fie singura care

1. este în patru dimensiuni
2. încorporează gravitația
3. este finită fără vreo substracție infinită.

Am subliniat deja că a treia proprietate este necesară dacă dorim să obținem o teorie completă fără parametri. Este dificil totuși să se țină seamă de proprietățile 1 și 2, fără a face apel la principiul antropic. Există, se pare, o

teorie consistentă care satisface condițiile 1 și 3, dar care nu include gravitația. Într-un astfel de univers, forțele de atracție nu vor fi probabil suficiente pentru a aduna materia în agregate mari, care sunt necesare pentru dezvoltarea structurilor complicate. Întrebarea din ce cauză spațiul-timp are patru dimensiuni este de obicei considerată ca ieșind din cadrul fizicii. Există totuși un argument solid bazat pe principiul antropic și pentru aceasta. Trei dimensiuni spațio-temporale, adică două pentru spațiu și una pentru timp, sunt în mod clar insuficiente pentru vreun organism complicat. Pe de altă parte, dacă ar exista mai multe dimensiuni spațiale decât trei, orbitele planetelor în jurul soarelui sau ale electronilor în jurul nucleului ar fi instabile și ar duce la o cădere în spirală spre centru. Mai rămâne posibilitatea de a avea mai mult decât o dimensiune temporală, dar eu, cel puțin, îmi imaginez cu greu un astfel de univers.

Până acum am presupus că există o teorie ultimă. Dar așa este oare? Sunt cel puțin trei posibilități:

1. Există o teorie complet unificată.

2. Nu există o teorie unificată, dar există, în schimb, o secvență infinită de teorii, astfel că orice categorie particulară de observații poate fi prezisă folosind o teorie suficient de avansată din secvență.

3. Nu există teorie. Dincolo de un anumit punct, observațiile nu pot fi descrise sau prezise.

Cel de-al treilea caz a fost avansat ca argument împotriva savanților din secolele al XVII-lea și al XVIII-lea: Cum pot ei formula legi care să-i îngrădească lui Dumnezeu libertatea de a se răzgândi? Și totuși, savanții au mers înainte. În timpurile moderne, noi am eliminat efectiv cazul 3, încorporându-l schemei noastre: mecanica cuantică este în fond o teorie despre ce nu știm și ce nu putem prezice. Posibilitatea nr. 2 s-ar concretiza printr-o secvență infinită de structuri la energii tot mai înalte. Așa cum am spus mai înainte, aceasta pare neverosimilă, deoarece ne

așteptăm la o tăietură la energia Planck de 10^{28} eV. Rămânem deci cu cazul 1. În momentul de față, teoria supergravitației cu N = 8 este singurul candidat vizibil.* Există un număr de calcule cruciale ce vor fi efectuate în următorii câțiva ani și care au posibilitatea să arate dacă teoria nu este bună. Dacă teoria supraviețuiește acestor teste, vor mai trece câțiva ani înainte ca să dezvoltăm metode de calcul care ne vor permite să facem predicții și înainte ca să justificăm condițiile inițiale și legile fizice globale. Acestea vor fi problemele de vârf ale fizicienilor teoreticieni în următorii douăzeci de ani. Dar, pentru a încheia într-o notă ușor alarmistă, ei nu vor putea avea la dispoziție mai mult decât două decenii. În prezent, computerele constituie doar un auxiliar în cercetare, dar ele trebuie dirijate de mintea omenească. Dacă se extrapolează ritmul lor actual de dezvoltare, apare ca foarte posibilă preluarea fizicii teoretice de către calculatoare. Astfel, se întrevede probabil sfârșitul fizicienilor teoreticieni, dacă nu chiar al fizicii teoretice.

* Supergravitația pare să fie singura teorie de particule care satisface condițiile 1, 2 și 3, dar, de când a fost scris acest articol, s-a manifestat un interes sporit pentru așa-numita teorie a supercorzilor. Acolo, obiectul fundamental nu sunt particulele punctuale, ci entități extinse, ca micile bucle de corzi. Ideea este că particulele nu sunt de fapt decât vibrații ale corzilor. La limita energiilor joase, teoria supercorzilor pare să se reducă la supergravitație, dar, până acum, nu s-a manifestat mult succes în găsirea unor predicții testabile experimental pentru teoria supercorzilor.

8
VISUL LUI EINSTEIN*

În primii ani ai secolului al XX-lea două teorii noi au schimbat complet modul în care gândim despre spațiu și timp și despre realitatea însăși. După peste șaptezeci și cinci de ani încă mai suntem confruntați cu consecințele acestor teorii și încercăm să le combinăm într-o teorie care va descrie totul în univers. Cele două teorii sunt teoria relativității generale și mecanica cuantică. Teoria relativității generale se ocupă de spațiu și timp și de modul în care acestea sunt curbate sau răsucite la scară mare de materia și energia din univers. Pe de altă parte, mecanica cuantică se manifestă la o scară foarte mică. În mecanica cuantică este inclus așa-numitul principiu de incertitudine, conform căruia nu se poate măsura simultan niciodată în mod precis poziția și viteza unei particule: cu cât mai precis este măsurată una dintre aceste mărimi, cu atât mai puțin precis este măsurată cealaltă. Există totdeauna un element de incertitudine sau de hazard care afectează fundamental comportarea materiei la scară mică. Einstein este autorul — în cea mai mare măsură de unul singur — al teoriei relativității, el jucând un rol important și în dezvoltarea mecanicii cuantice. Opiniile sale privitoare la aceasta din urmă sunt rezumate în propoziția „Dumnezeu nu joacă zaruri". Dar toate dovezile probează

* Lecție ținută la Paradigm Session a corporației NTT Data Communication Systems, la Tokyo, în iulie 1991.

că Dumnezeu este un jucător inveterat și că el aruncă zarurile ori de câte ori are ocazia.

Voi încerca în eseul de față să dezvălui ideile de bază ale acestor două noi teorii și să explic de ce era Einstein atât de nemulțumit de mecanica cuantică. Voi descrie de asemenea câteva dintre lucrurile remarcabile care se întâmplă atunci când se încearcă o combinare a acestor două noi teorii. Rezultatul arată că timpul însuși a avut un început acum circa cincisprezece miliarde de ani și că ar putea avea un sfârșit cândva în viitor. Și totuși, într-un alt fel de timp, universul nu are limite. El poate fi nici creat, nici distrus. El pur și simplu există.

Voi începe cu teoria relativității. Legile naționale sunt valabile numai în interiorul unei țări, dar legile fizicii sunt aceleași în Marea Britanie, Statele Unite și Japonia. Ele sunt de asemenea aceleași pe Marte și în galaxia Andromeda. Dar nu numai atât. Legile sunt aceleași indiferent de viteza cu care vă deplasați. Legile sunt aceleași într-un tren rapid sau într-un avion cu reacție, ca și pentru cineva care stă pe loc. În realitate, desigur că observatorul care este nemișcat pe pământ se deplasează cu viteza de 18,6 mile (30 de kilometri) pe secundă în jurul soarelui. Soarele se mișcă și el cu câteva sute de kilometri pe secundă în jurul galaxiei ș.a.m.d. Totuși, aceste mișcări sunt indiferente pentru legile fizicii; ele sunt aceleași pentru toți observatorii.

Independența față de viteza sistemului a fost descoperită pentru prima dată de Galilei, care a formulat legile mișcării unor obiecte ca proiectilele sau planetele.* Atunci când s-a încercat extinderea acestei independențe față de viteza cu care se mișcă observatorul la legile care guvernează deplasarea luminii, s-au întâmpinat totuși dificultăți.

* Ultima afirmație este greșită: nu Galilei a formulat legile mișcării planetelor, ci contemporanul acestuia, Johannes Kepler. Este, evident, o scăpare; în *Scurtă istorie a timpului*, Hawking atribuie corect aceste realizări. (*N. t.*)

În secolul al XVIII-lea, s-a descoperit că lumina nu ajunge instantaneu de la sursă la observator*, ci că viteza ei este finită, de circa 186 000 de mile (300 000 de km) pe secundă. Dar față de ce *reper* se măsura această viteză relativă? Se părea că există un mediu în spațiu prin care călătorea lumina. Acest mediu s-a numit eter. Se presupunea că undele luminoase se deplasează prin eter cu 300 000 km/s, ceea ce înseamnă că un observator aflat în repaus față de eter ar măsura o viteză de 300 000 km/s, în timp ce un observator care se mișcă prin eter ar observa o viteză mai mică sau mai mare. În mod special, se credea că viteza luminii trebuie să se schimbe din cauza mișcării pământului prin eter în jurul soarelui. Dar, în 1887, un experiment minuțios efectuat de Michelson și Morley a arătat că viteza luminii era mereu aceeași. Indiferent de viteza cu care se mișcă observatorul, el măsoară totdeauna viteza de 300 000 km/s.

Cum poate fi adevărat așa ceva? Cum pot observatorii care se deplasează cu viteze diferite măsura toți aceeași viteză a luminii? Răspunsul este că așa ceva este imposibil dacă ideile noastre normale despre spațiu și timp sunt adevărate. Într-o lucrare faimoasă publicată în anul 1905, Einstein a arătat că toți observatorii de acest fel pot măsura aceeași viteză a luminii dacă se abandonează ideea timpului universal. În locul acestuia, ei ar avea fiecare timpul propriu, așa cum este măsurat de ceasul pe care îl poartă cu sine. Timpul măsurat de ceasurile fiecăruia dintre ei ar fi aproape exact același dacă observatorii s-ar mișca încet unii față de ceilalți — în schimb, măsurătorile făcute cu ceasuri care s-ar mișca unele față de altele cu viteze mari ar diferi în mod semnificativ. Acest efect a fost verificat prin compararea unui ceas de la sol cu altul aflat

* Faptul că lumina are viteza finită a fost presupus încă de Galilei. El a propus chiar o metodă pentru determinarea acesteia (în *Dialoguri despre științele noi*, apărută în 1638). Prima determinare a vitezei luminii este datorată lui Roemer și a avut loc în 1676. Vezi *Scurtă istorie...*, p. 33. (*N. t.*)

într-un avion de linie comercială; ceasul din avion merge ceva mai încet decât ceasul staționar. Totuși, pentru vitezele normale de călătorie, diferențele dintre indicațiile ceasurilor sunt foarte mici. Pentru a-ți adăuga o secundă de viață, pământul trebuie ocolit cu avionul de o sută de milioane de ori; dar viața ți se va scurta cu mult mai mult din cauza tuturor meselor servite la bord.

Din ce cauză existența timpului propriu al unor observatori care se deplasează cu viteze diferite face ca viteza luminii să aibă aceleași valori pentru toți aceștia? Viteza unui puls luminos este egală cu distanța pe care acesta o traversează între două evenimente, împărțită la intervalul temporal dintre ele. (În acest sens, un eveniment este ceva care are loc într-un singur punct în spațiu, la un punct specificat în timp.) Persoanele care se deplasează cu viteze diferite nu vor cădea de acord asupra distanței dintre două evenimente. Dacă, de exemplu, eu măsor deplasarea unui automobil pe autostradă, eu pot să cred că automobilul a parcurs un kilometru, dar pentru cineva de pe soare, vehiculul s-a mutat cu circa 1 800 de kilometri, deoarece pământul s-a mișcat el însuși în timp ce avea loc deplasarea pe autostradă. Deoarece observatorii care se deplasează cu viteze diferite măsoară distanțe diferite între evenimente, ei trebuie să măsoare de asemenea intervale diferite de timp, dacă vor să cadă de acord asupra vitezei luminii.

Teoria inițială a lui Einstein despre relativitate, pe care a propus-o într-o lucrare publicată în 1905, este ceea ce numim astăzi teoria relativității restrânse. Ea descrie cum se mișcă obiectele în spațiu și timp. Ea mai arată că timpul nu este o cantitate universală care să aibă o existență independentă, separată de spațiu. Viitorul și trecutul sunt mai degrabă niște direcții, cum ar fi în sus și în jos, la stânga și la dreapta, înainte și înapoi, într-un mediu numit spațiul-timp. În timp, se poate merge numai spre viitor, dar se *poate* merge și sub un unghi față de acesta. Iată de ce timpul poate trece în ritmuri diferite.

Teoria relativității restrânse a combinat timpul cu spațiul, dar spațiul și timpul erau încă un cadru fix în care se petreceau evenimentele. Puteai alege diferite drumuri pentru a te mișca în spațiul-timp, dar nu puteai face nimic pentru a schimba cadrul însuși al spațiului și timpului. Acest tablou s-a schimbat totuși în întregime în 1915, când Einstein a formulat teoria relativității generale. El a avut ideea revoluționară că gravitația nu este doar forța care acționează în cadrul fix al spațiului-timp. După Einstein, gravitația este o *distorsiune* a spațiului-timp, produsă de masa și energia pe care acesta le conține. Obiecte ca proiectilele și planetele încearcă să se miște în linie dreaptă în spațiul-timp, dar, deoarece spațiul-timp este curbat și răsucit și nu plat, traiectoriile lor par să fie îndoite. Pământul încearcă să se miște în linie dreaptă prin spațiul-timp, dar curbura produsă de masa soarelui îl obligă să se miște după un cerc în jurul astrului. În mod asemănător, lumina încearcă să se miște în linie dreaptă, dar curbura spațiului-timp de lângă soare obligă lumina de la stelele îndepărtate să fie deviată atunci când trece pe lângă soare. În mod obișnuit nu putem vedea stelele de pe cer care sunt vecine cu direcția soarelui. Totuși, în timpul unei eclipse, atunci când cea mai mare parte a luminii solare este obturată de lună, lumina venind de la aceste stele poate fi observată. Einstein și-a elaborat teoria relativității generale în timpul primului război mondial, când condițiile nu erau propice experimentelor științifice, dar imediat după război o echipă britanică a observat eclipsa din 1919 și a confirmat predicțiile relativității generale: spațiul-timp nu este plat, ci este curbat de materia și energia pe care le conține.

Acesta a fost cel mai mare triumf al lui Einstein. Descoperirea lui a schimbat complet modul în care gândim despre spațiu și timp. Ele nu mai constituie cadrul pasiv în care au loc evenimentele. Nu mai putem concepe spațiul și timpul ca pe niște entități veșnice, neafectate de ceea ce se întâmplă în univers. Acum ele devin cantități dinamice

care influențează și sunt influențate la rândul lor de evenimentele care se petrec în spațiul-timp.

O proprietate importantă a masei și a energiei este valoarea lor pozitivă. Din acest motiv, gravitația atrage corpurile unul către celălalt. De exemplu, gravitația pământului ne atrage spre sol chiar la antipozi, astfel că oamenii din Australia nu cad de pe pământ. În mod asemănător, gravitația soarelui ține planetele pe orbită în jurul său și împiedică pământul să fie azvârlit în întunecimile spațiului interstelar. Conform relativității generale, faptul că masa este totdeauna pozitivă înseamnă că spațiul-timp este curbat totdeauna înspre el însuși, ca suprafața pământului. Dacă masa ar fi fost negativă, spațiul ar fi fost curbat altfel, ca suprafața unei șei. Această curbură pozitivă a spațiului-timp, care reflectă faptul că gravitația este atractivă, a fost percepută de Einstein ca o mare problemă. Atunci se credea în general că universul este static, iar dacă spațiul, și în particular timpul, e curbat înspre interior, atunci cum poate continua universul să rămână pentru totdeauna mai mult sau mai puțin în aceeași stare ca acum?

Ecuațiile inițiale ale relativității generale a lui Einstein preziceau fie expansiunea, fie contracția universului. Einstein a adăugat însă încă un termen ecuațiilor sale care legau masa și energia din univers de curbura spațiului-timp. Acest nou termen, numit termenul cosmologic, are un efect gravitațional repulsiv. Era astfel posibil să se compenseze atracția materiei cu respingerea datorată termenului cosmologic. Cu alte cuvinte, curbura negativă produsă de termenul cosmologic putea anula curbura pozitivă produsă de masa și energia din univers. În acest fel se putea obține un model al universului veșnic staționar. Dacă Einstein ar fi rămas la ecuațiile sale inițiale, cele fără termenul cosmologic, el ar fi putut prezice că universul ori se contractă, ori se dilată. Așa cum se prezentau lucrurile, nimeni nu credea că universul se schimbă în timp, până

în 1929, când Edwin Hubble a descoperit că galaxiile depărtate se îndepărtează de noi. Universul se dilată. Einstein și-a numit termenul cosmologic „cea mai mare greșeală a vieții mele".

Dar, cu sau fără termenul cosmologic, faptul că materia produce curbura spațiului-timp spre sine rămânea o problemă, deși nu era general recunoscută ca atare. Semnificația fenomenului era că materia ar putea curba atât de mult o regiune, încât aceasta s-ar putea izola efectiv de restul universului. Regiunea ar deveni în acest caz o așa-numită gaură neagră. În gaura neagră ar putea cădea obiecte, dar nimic nu ar mai putea ieși de acolo. Pentru a evada, obiectele ar trebui să aibă o viteză mai mare decât lumina, ceea ce este interzis de teoria relativității. Astfel, materia din interiorul găurii negre ar fi captată și ar colapsa până la o stare necunoscută de densitate foarte mare.

Einstein a fost profund tulburat de implicațiile acestui colaps și a refuzat să creadă că el ar putea avea loc. Dar, în 1939, Robert Oppenheimer a demonstrat că o stea nu mai mare decât de două ori masa soarelui colapsează inevitabil după ce își epuizează combustibilul nuclear. A intervenit apoi războiul, Oppenheimer a fost implicat în proiectul bombei atomice și și-a pierdut interesul pentru colapsul gravitațional. Ceilalți oameni de știință erau preocupați mai mult de fizica pe care o puteau studia pe pământ. Ei nu aveau încredere în predicțiile despre întinderile universului îndepărtat, deoarece testarea lor nu părea posibilă prin observații. Totuși, în anii 1960, creșterea considerabilă a distanței și calității observațiilor astronomice a dus la sporirea interesului față de colapsul gravitațional și de universul timpuriu. Ce anume prevedea exact teoria relativității generale a lui Einstein pentru aceste cazuri a rămas neclar, până ce Roger Penrose și cu mine am demonstrat câteva teoreme. Ele au arătat faptul că din curbarea spațiului-timp în sine însuși rezultă apariția unor singularități, a unor locuri unde spațiul-timp are un început

sau un sfârșit. Începutul ar fi fost acum cincisprezece miliarde de ani — big bang-ul —, iar sfârșitul ar surveni pentru orice stea care colapsează, sau pentru orice obiect care cade în gaura neagră rămasă după colapsul stelei.

Faptul că teoria relativității generale a lui Einstein prevede existența singularităților a provocat o criză în fizică. Ecuațiile relativității generale, care leagă curbura spațiului de distribuția de masă și energie, nu pot fi definite ca singularități. Aceasta înseamnă că relativitatea generală nu poate prezice rezultatul unei singularități. În particular, relativitatea generală nu poate prezice cum apare universul la big bang. Relativitatea generală nu este deci o teorie completă. Ea necesită un ingredient pentru a determina cum poate începe universul și ce se întâmplă atunci când materia colapsează sub propria gravitație.

Ingredientul suplimentar necesar pare să fie mecanica cuantică. În același an în care și-a publicat lucrarea consacrată relativității speciale (1905), Einstein a scris despre un fenomen numit efectul fotoelectric. Efectul constă în emisia de particule încărcate atunci când lumina cade pe anumite metale. Lucru uimitor: dacă intensitatea luminii se reduce, numărul particulelor emise scade, dar viteza particulelor rămâne aceeași. Einstein a presupus că acest fapt se poate explica dacă lumina ar sosi nu în cantități continue, așa cum considerau toți, ci în porții de anumite dimensiuni. Ideea luminii care se propagă numai în pachete, numite cuante, fusese introdusă cu câtiva ani mai înainte de fizicianul german Max Planck. E ca și când ai spune că poți cumpăra de la autoservire zahăr în cantități nelimitate, dar numai în pungi de un kilogram. Planck a folosit această idee pentru a explica de ce o bucată de metal încinsă la roșu nu emite o cantitate infinită de căldură. El privea însă cuanta ca pe un simplu truc teoretic, fără vreun corespondent în realitatea fizică. Lucrarea lui Einstein demonstra că este posibilă observarea cuantei individuale. Fiecare particulă emisă corespunde unei cuante

de lumină care lovește metalul. Această lucrare a fost recunoscută ca fiind o contribuție foarte importantă a lui Einstein la teoria cuantică și i-a adus în 1927 premiul Nobel. (El ar fi trebuit să obțină premiul Nobel pentru relativitatea generală, dar ideea că spațiul și timpul sunt curbate era încă privită ca prea speculativă și controversată, astfel că, în schimb, i l-au atribuit pentru efectul fotoelectric, care merita separat un premiu.)

Implicațiile complete ale efectului fotoelectric n-au fost înțelese până în 1925, când Werner Heisenberg a demonstrat că din cauza acestuia este imposibil să se măsoare exact poziția unei particule. Pentru a vedea unde se află o particulă, trebuie să o luminezi. Dar Einstein a demonstrat că nu se poate folosi o cantitate oricât de mică de lumină; trebuie folosit cel puțin un pachet, o cuantă. Acest pachet va disturba particula și o va face să se miște cu viteză într-o anumită direcție. Cu cât vom dori să măsurăm mai precis poziția unei particule, cu atât mai mare va trebui să fie energia pachetului și cu atât mai mult va fi perturbată particula. Ori de câte ori se va încerca măsurarea particulei, incertitudinea poziției sale, înmulțită cu incertitudinea vitezei, va fi mai mare decât o anumită valoare minimă.

Acest principiu de incertitudine al lui Heisenberg a arătat că nu se poate măsura exact starea unui sistem, astfel că nu se poate prezice exact cum va evolua acesta în viitor. Tot ceea ce se poate face este prezicerea probabilităților diferitelor posibilități. Tocmai acest element de hazard, de întâmplare, l-a exasperat atâta pe Einstein. El a refuzat să creadă că legile fizice nu mai trebuie să facă predicții definite și lipsite de ambiguitate pentru ceea ce se va întâmpla. Dar, oricum ar fi exprimate, toate dovezile arată că fenomenul cuantic și principiul de incertitudine sunt inevitabile și că ele au loc în fiecare domeniu al fizicii.

Relativitatea generală a lui Einstein este ceea ce se numește o teorie clasică, deoarece nu încorporează principiul

incertitudinii. Trebuie prin urmare găsită o teorie nouă care să combine relativitatea generală cu principiul de incertitudine. În cele mai multe situații, diferența dintre această nouă teorie și relativitatea generală clasică ar fi foarte mică. Aceasta din cauză că, așa cum am afirmat mai înainte, incertitudinea prezisă de teoria cuantică acționează numai la o scară foarte mică, în timp ce relativitatea generală are de-a face cu structura spațiului-timp la scară foarte mare. Totuși, teoremele de singularitate pe care Roger Penrose și cu mine le-am demonstrat arată că spațiul-timp va deveni foarte curbat la scări foarte mici. Efectele principiului de incertitudine vor deveni atunci foarte importante; ele par să indice câteva rezultate remarcabile.

O parte dintre problemele puse de Einstein în legătură cu mecanica cuantică și cu principiul de incertitudine au apărut din faptul că el folosea noțiunea obișnuită, în sensul comun, de istorie a unui sistem fizic. O particulă este ori într-un loc, ori într-altul. Ea nu poate fi jumătate într-un loc și jumătate într-altul. În mod asemănător, aselenizarea astronauților ori a avut loc, ori n-a avut. Ea n-a putut avea loc pe jumătate. Tot așa nu poți fi un pic mort sau un pic gravidă. Ori ești, ori nu ești. Dar dacă un sistem are o unică istorie definită, principiul incertitudinii duce la o serie de paradoxuri, cum ar fi particulele aflate simultan în două locuri diferite, sau astronauții aflați jumătate pe lună.

Un mod elegant de a ocoli aceste paradoxuri a fost elaborat de fizicianul american Richard Feynman. Feynman a devenit cunoscut în 1949 pentru lucrarea lui despre teoria cuantică a luminii. El a primit premiul Nobel în 1965 împreună cu un alt american, Julian Schwinger, și cu fizicianul japonez Shinichiro Tomonaga. Dar Feynman a fost un fizician deosebit, în aceeași tradiție cu Einstein. El ura fastul și falsitatea și a demisionat din Academia Națională de Științe, deoarece a descoperit că membrii ei își cheltuiau majoritatea timpului ca să decidă ce alți oameni de știință trebuie admiși în Academie. Feynman, care a murit în 1988,

este recunoscut pentru multe contribuții în fizica teoretică. Una dintre acestea este metoda diagramelor care îi poartă numele, alcătuind baza pentru aproape toate calculele din fizica particulelor. Dar o contribuție și mai importantă este conceptul său de sumă a istoriilor. Ideea lui este că un sistem n-a avut numai o istorie în spațiul-timp, așa cum se presupune foarte firesc în teoria clasică non-cuantică. Un sistem a avut mai degrabă orice istorie posibilă. Să considerăm, de pildă, o particulă care se află în punctul A la un moment dat. În mod normal, vom considera că particula se va deplasa în linie dreaptă plecând din A. Totuși, în concordanță cu suma istoriilor, particula se poate mișca după orice drum care pornește din A. Este ca atunci când faci o pată de cerneală pe o sugativă. Particulele de cerneală se răspândesc pe hârtia sugativă după toate drumurile posibile. Chiar dacă se blochează linia dreaptă dintre două puncte cu ajutorul unei tăieturi, cerneala va trece pe după colț.

Cu fiecare drum sau istorie se asociază un număr care depinde de forma parcursului. Probabilitatea ca o particulă să se deplaseze de la A la B este obținută prin adunarea tuturor numerelor asociate cu drumurile pe care le poate lua particula de la A la B. Pentru cele mai multe drumuri, numerele asociate cu drumurile respective se vor anula cu numerele drumurilor apropiate. Astfel, ele vor avea o contribuție mică la probabilitatea de a ajunge din A în B. Dar numerele asociate drumurilor drepte se vor aduna cu numerele de la drumurile aproape drepte. Prin urmare, contribuția cea mai mare va proveni de la drumurile drepte sau aproape drepte. Din acest motiv, urma lăsată de o particulă în camera cu bule arată aproape dreaptă. Dar dacă veți pune în calea particulei un perete cu o fantă, drumurile particulei se pot răspândi dincolo de fantă. Există o probabilitate mare de a găsi particula departe de linia dreaptă care trece direct prin tăietură.

În 1973, am început să cercetez care ar fi efectul principiului de incertitudine asupra unei particule în spațiul-timp

curbat din apropierea unei găuri negre. Am găsit că gaura neagră n-ar fi complet neagră, rezultat destul de ieșit din comun. Principiul de incertitudine ar permite particulelor și radiației să se scurgă din gaura neagră într-un ritm susținut. Rezultatul a apărut ca o surpriză totală, nu numai mie, ci tuturor și a fost întâmpinat cu o neîncredere generală. Dar, acum, post factum, se poate spune că a fost firesc. Gaura neagră este regiunea din spațiu din care este imposibil de scăpat dacă deplasarea are loc cu o viteză mai mică decât viteza luminii. Dar suma istoriilor a lui Feynman spune că particulele pot lua orice drum prin spațiul-timp. Astfel, o particulă se poate deplasa mai repede decât lumina. Probabilitatea de a se deplasa pe o distanță mare cu o viteză mai mare decât viteza luminii este mică, dar particula se poate deplasa cu o astfel de viteză exact atâta cât să iasă din gaura neagră, ca apoi să meargă mai încet decât lumina. În acest fel, principiul de incertitudine permite particulei să scape din ceea ce se presupunea că ar fi închisoarea finală: gaura neagră. Probabilitatea ca o particulă să scape dintr-o gaură neagră cu masa egală cu masa soarelui ar fi foarte mică, deoarece particula ar trebui să se deplaseze mai repede decât lumina pe o distanță de câtiva kilometri. Dar pot exista și găuri negre mult mai mici, formate în universul timpuriu. Aceste găuri negre primordiale pot fi mai mici decât dimensiunile unui nucleu atomic și totuși masa lor ar putea fi de un miliard de tone, cât muntele Fuji. Ele ar putea emite la fel de multă energie cât o mare centrală electrică. De-am putea găsi o astfel de gaură neagră pentru a-i capta energia! Din nefericire, nu par să fie multe prin preajmă în univers.

Prezicerea radiației provenind de la găurile negre a fost primul rezultat netrivial al combinării relativității generale a lui Einstein cu principiul cuantic. Colapsul gravitațional nu este deci o fundătură așa cum se părea. Istoria particulelor din gaura neagră nu trebuie să aibă un sfârșit în singularitate. Ele pot să scape din gaura neagră

și să-și continue istoria afară. Poate că principiul cuantic ar însemna că pot fi evitate și istoriile care au un început în timp într-un punct al creației, în momentul big-bang-ului.

Aceasta este o problemă mult mai dificil de soluționat, deoarece implică aplicarea mecanicii cuantice la însăși structura spațiului și timpului și nu doar la drumurile particulei într-un cadru dat al spațiului-timp. Avem nevoie de un mod de a face suma istoriilor nu numai pentru particule, ci și pentru întreaga urzeală a spațiului și timpului. Nu știm încă în ce mod să facem corect suma, dar știm anumite aspecte pe care trebuie să le prezinte însumarea. Unul dintre ele este legat de faptul că este mai ușor să se efectueze suma, dacă avem de-a face cu istorii în așa-zisul timp imaginar, în loc de timpul obișnuit, real. Este greu de conceput timpul imaginar și probabil că acesta este și una dintre cauzele celor mai mari dificultăți întâmpinate de cititorii cărții mele. Am fost, de asemenea, criticat cu violență de filozofi pentru folosirea timpului imaginar. Ce poate avea timpul imaginar de-a face cu universul real? Cred că acești filozofi nu au învățat lecțiile istoriei. Odinioară se considera firesc că pământul este plat și că soarele se învârte în jurul pământului. Și totuși, de la Copernic și Galilei încoace, a trebuit să adoptăm ideea că pământul este rotund și se rotește în jurul soarelui. În mod analog, multă vreme a fost evident că timpul decurge la fel pentru orice observator, dar, de la Einstein, a trebuit să acceptăm ideea că timpul se scurge în ritmuri diferite pentru diferiții observatori. Părea de asemenea firesc ca universul să aibă o istorie unică, dar, de la mecanica cuantică, a trebuit să considerăm că universul are toate istoriile posibile. Doresc să sugerez acum că și timpul imaginar este o idee pe care va trebui să o acceptăm. Este un salt intelectual de același ordin cu adoptarea ideii că pământul este rotund. Cred că noțiunea de timp imaginar va ajunge să fie cândva la fel de naturală ca ideea pământului rotund în zilele noastre. În lumea celor cu știință de carte n-au mai rămas mulți adepți ai pământului plat.

Vă puteți reprezenta timpul obișnuit, real, ca pe o linie orizontală, mergând de la stânga la dreapta. Dar puteți considera, de asemenea, o altă direcție a timpului, de sus în jos pe pagină. Acesta este timpul imaginar, aflat la un unghi drept față de cel real. Care este motivul introducerii timpului imaginar? De ce nu rămânem fixați de timpul obișnuit, cel real, pe care îl înțelegem? Motivul este că, așa cum s-a menționat anterior, materia și energia tind să curbeze spațiul-timp înspre sine. În direcția timpului real, acest fapt duce inevitabil la singularități, locuri în care spațiul-timp se sfârșește. În singularități, ecuațiile fizicii nu pot fi definite, așa că nu se poate prezice ceea ce se va întâmpla. Dar direcția timpului imaginar este perpendiculară pe timpul real. Aceasta înseamnă că timpul imaginar se comportă în mod similar față de cele trei direcții care reprezintă mișcarea în spațiu. Curbura spațiului-timp cauzată de materia din univers poate face ca cele trei direcții spațiale și timpul imaginar să se întâlnească în spate după o buclă. Ele vor forma o suprafață închisă, ca suprafața pământului. Cele trei direcții spațiale și timpul imaginar ar forma un spațiu-timp închis în sine, fără limite sau margini. Nu ar exista nici un punct care să poată fi denumit început sau sfârșit, așa cum nici suprafața pământului nu are nici început, nici sfârșit.

În 1983, Jim Hartley și cu mine am propus ca suma istoriilor universului să nu fie efectuată însumând istoriile din timpul real. În loc de aceasta, suma trebuie efectuată cu istoriile din timpul imaginar, care sunt curbate în ele însele, ca suprafața pământului. Deoarece aceste istorii nu au avut nici o singularitate, nici început sau sfârșit, tot ceea ce s-a întâmplat acolo ar fi determinat de legile fizicii. Tot ceea ce s-a întâmplat în timpul imaginar ar putea fi deci calculat. Și dacă se știe istoria universului în timpul imaginar, se poate calcula cum se comportă el în timpul real. În acest fel, se poate spera obținerea unei teorii complet unificate, o teorie care ar prezice totul în univers.

Einstein și-a petrecut ultimii ani de viață căutând o astfel de teorie. El n-a găsit-o, deoarece nu avea încredere în mecanica cuantică. El nu era pregătit să admită că universul ar putea avea mai multe istorii alternative, ca în problema sumei istoriilor. Nu știm încă să efectuăm în mod corect suma pentru univers, dar putem fi destul de siguri că aceasta va implica timpul imaginar și ideea spațiului-timp închis în el însuși. Eu cred că aceste concepte vor ajunge să fie la fel de naturale pentru generațiile următoare ca ideea că pământul este rotund. Timpul imaginar este deja un loc comun pentru literatura științifico-fantastică. Dar timpul imaginar este mai mult decât literatură sau truc matematic. El este ceva care dă forma universului în care trăim.

9

ORIGINEA UNIVERSULUI*

Problema originii universului este asemănătoare cu vechea întrebare: ce a fost mai întâi, oul sau găina? Cu alte cuvinte, ce factor a creat universul și ce a creat acest factor? Or, poate că universul sau factorul creator au existat veșnic și n-a fost nevoie să fie creați. Până de curând, oamenii de știință au încercat să se ferească de astfel de întrebări, considerând că ele țin de metafizică și de religie, și mai puțin de știință. În ultimii ani însă a reieșit că legile științei pot eventual fi valabile chiar pentru începutul universului. În acest caz, universul ar putea fi autoconsistent și complet determinat de legile științei.

Dezbaterea despre momentul și modul apariției universului s-a desfășurat de-a lungul întregii istorii scrise. În esență, au existat două școli de gândire. Multe tradiții vechi, dar și religiile evreiască, creștină și islamică, susțin că universul a fost creat într-un trecut destul de recent. (În secolul trecut, episcopul Usher a calculat anul 4004 î. Cr. drept data creației universului, la care a ajuns însumând lungimea vieților oamenilor din Vechiul Testament.) Un argument folosit în favoarea originii recente a universului este legat de constatarea că rasa umană evoluează evident prin cultură și tehnologie. Memoria colectivă reține cine a îndeplinit un anumit deziderat sau a dezvoltat o anumită

* Lecție ținută la conferința „Trei sute de ani de gravitație", Cambridge, în iunie 1987, la cea de-a trei suta aniversare a publicării *Principiilor* lui Newton.

tehnică. Totuși, continuă argumentul, noi nu existăm de prea mult timp; altfel, am fi progresat mai mult. De fapt, data biblică pentru creație nu este prea departe de sfârșitul ultimei glaciațiuni, când se pare că ar fi apărut oamenii moderni.

Pe de altă parte, au existat unii oameni, asemenea filozofului grec Aristotel, cărora nu le plăcea ideea că universul a avut un început. Ei înțelegeau că astfel devine necesară intervenția divină. Ei preferau să creadă că universul a existat și va exista pentru totdeauna. Ceva etern are un grad de perfecțiune mai mare decât ceva care trebuie creat. Tot ei aveau un răspuns la argumentul de mai înainte în legătură cu progresul omenirii: inundații periodice sau alte dezastre naturale au readus rasa umană la începuturile sale.

Amândouă școlile de gândire susțineau că universul nu se schimbă în mod esențial în timp. Fie a fost creat direct în forma sa prezentă, fie a fost veșnic așa. Acestea erau credințe firești, deoarece viața umană — toată istoria consemnată — este atât de scurtă încât, pe durata ei, universul nu s-a schimbat semnificativ. Într-un univers static, neschimbător, întrebarea dacă acesta a existat totdeauna sau a fost creat într-un moment finit din trecut este cu adevărat obiectul metafizicii sau religiei; orice teorie poate explica un astfel de univers. Într-adevăr, în 1781, filozoful Immanuel Kant a scris o lucrare monumentală și foarte obscură, *Critica rațiunii pure*, în care a conchis că existau argumente egal valabile și pentru universul care a avut un început, și pentru universul care nu a avut un început. Așa cum o sugerează titlul, concluziile sale erau bazate doar pe rațiune; cu alte cuvinte, acestea nu țineau seamă de nici o observație a universului. La urma urmelor, ce era de observat într-un univers fără schimbări?

În secolul al XIX-lea au început totuși să se acumuleze dovezi potrivit cărora pământul și restul universului se schimbau de fapt în timp. Geologii au înțeles că formarea

rocilor și a fosilelor din roci a necesitat sute sau mii de milioane de ani. Această durată era mult mai mare decât vârsta pământului calculată de creaționiști. O dovadă suplimentară a fost adusă de așa-numita a doua lege a termodinamicii, formulată de fizicianul german Ludwig Boltzmann. Legea afirmă că dezordinea totală din univers (măsurată de cantitatea numită entropie) crește mereu cu timpul. Acest lucru, la fel ca argumentul privind progresul omenirii, sugerează că universul ar fi putut avea numai o existență finită în timp. Altfel, el ar fi degenerat într-o stare de dezordine completă, în care totul ar fi la aceeași temperatură.

O altă dificultate pentru ideea universului static provine din legea newtoniană a gravitației. Conform acesteia, fiecare stea din univers trebuie atrasă de toate celelalte stele. Dacă este așa, atunci cum pot stelele rămâne nemișcate, la distanțe constante una față de alta? N-ar cădea unele spre altele? Newton era conștient de această problemă. Într-o scrisoare către Richard Bentley, unul dintre filozofii de frunte ai vremii, el a recunoscut că o mulțime finită de stele n-ar putea rămâne nemișcate, ci ar cădea împreună către un anumit punct central. Totuși, a argumentat el, dacă stelele sunt în număr infinit, ele nu vor cădea împreună, deoarece nu va exista nici un punct central în care să cadă. Acest argument reprezintă un exemplu de capcană în care putem cădea atunci când este vorba despre sistemele infinite. Folosind căi diferite pentru a însuma forțele cu care acționează o infinitate de stele asupra fiecărei stele din univers, găsim răspunsuri diferite la întrebarea dacă stelele pot rămâne la distanțe constante unele față de altele. Știm acum că procedura corectă este considerarea cazului unei regiuni cu un număr finit de stele, la care se adaugă alte stele, distribuite grosso modo uniform în afara regiunii considerate. O mulțime finită de stele se va prăbuși în sine însăși, iar, după legea lui Newton, adăugarea de stele în afara regiunii nu va opri colapsul. Așadar, o mulțime

infinită de stele nu poate să rămână nemișcată. Dacă stelele nu se mișcă unele față de altele la un moment dat, atracția le va face să cadă unele spre altele. Ca o alternativă, stelele se pot mișca îndepărtându-se reciproc, cu gravitația încetinindu-le mișcarea de recesiune.

În pofida acestor dificultăți întâmpinate de ideea universului static și imuabil, în secolele al XVII-lea, al XVIII-lea, al XIX-lea și în prima parte a secolului al XX-lea, nimeni nu și-a imaginat că universul ar putea evolua în timp. Și Newton și Einstein au scăpat ocazia de a prezice că universul trebuie ori să se contracte, ori să se dilate. Afirmația nu se poate susține cu adevărat în ceea ce-l privește pe Newton, deoarece el a trăit cu două sute cincizeci de ani înaintea descoperirii prin observație a expansiunii universului. Dar Einstein ar fi putut s-o facă. Teoria relativității generale, pe care el a formulat-o în 1915, a prezis că universul se extinde. Dar Einstein era atât de convins că universul este static, încât a adăugat un element teoriei sale ca să o reconcilieze cu teoria lui Newton și să contrabalanseze gravitația.

Descoperirea de către Edwin Hubble în 1929 a expansiunii universului a schimbat complet discuția despre originea acestuia. Dacă se pornește de la actuala situație a galaxiilor și se derulează timpul înapoi, rezultă că toate galaxiile au trebuit să se afle la un loc una peste alta la un moment din trecut, acum zece, până la douăzeci de miliarde de ani. În acel moment care constituie singularitatea numită big bang, densitatea și curbura universului ar fi fost infinite. În astfel de condiții, toate legile cunoscute ale fizicii n-ar fi fost valabile. Acesta este un dezastru pentru știință. Ar însemna că știința nu poate prezice singură cum a început universul. Tot ce ar putea afirma știința ar fi că universul este astăzi așa cum este, deoarece atunci a fost așa cum a fost. Dar știința nu ar putea explica de ce a fost el așa cum a fost imediat după big bang.

Nu-i de mirare că mulți oameni de știință nu s-au împăcat cu o astfel de concluzie. Au fost câteva încercări de

a evita necesitatea existenței singularității — a big bang-ului — și deci a unui început. Una dintre ele a fost așa-numita teorie a stării staționare. Ideea era că, pe măsură ce galaxiile se depărtează una de alta, în spațiile intergalactice se formează noi galaxii din materie creată în mod continuu. Universul a existat și ar continua să existe veșnic, mai mult sau mai puțin în aceeași stare ca astăzi.

Pentru ca universul să continue să se extindă și să se creeze materie nouă, modelul stării staționare impunea o modificare a relativității generale. Dar ritmul de creare trebuia să fie foarte scăzut, de circa o particulă pe kilometru cub pe an, ceea ce n-ar fi contrazis observațiile. Teoria prevedea totodată că densitatea medie a galaxiilor și a altor obiecte asemănătoare ar trebui să fie constantă și în spațiu, și în timp. O cercetare a surselor radio din afara galaxiei noastre, efectuată de Martin Ryle și colaboratorii săi de la Cambridge, a arătat totuși că existau mult mai multe surse slabe decât surse puternice. Rămâneau două posibilități: fie că noi ne aflăm într-o regiune a universului în care sursele puternice sunt mai puține decât media acestora, fie că densitatea surselor a fost mai mare în trecut, când lumina emisă de sursele depărtate și-a început călătoria spre noi. Nici una dintre posibilități nu este compatibilă cu prezicerile stării staționare, după care densitatea surselor trebuie să fie constantă în spațiu și timp. Lovitura finală îndreptată împotriva acestei teorii a venit în anul 1964, de la Arno Penzias și Robert Wilson, care au descoperit radiația de fond de microunde venită de departe, din afara galaxiei noastre. Fondul nou descoperit are spectrul caracteristic al radiației emise de un corp fierbinte, deși în acest caz termenul de fierbinte nu este prea potrivit, deoarece temperatura corpului este de numai 2,7 grade deasupra lui zero absolut. Universul este un loc rece și întunecat! În teoria stării staționare nu există nici un mecanism rezonabil care să genereze microunde cu un astfel de spectru. Teoria a trebuit deci abandonată.

O altă idee care ar fi evitat singularitatea de la big bang a fost sugerată de doi fizicieni ruși, Evgheni Lifșiț și Isaac Halatnikov, în 1963. Ei au afirmat că o stare de densitate infinită poate surveni doar dacă galaxiile se mișcă direct una către cealaltă sau se depărtează în același fel. Numai așa se vor întâlni ele în viitor într-un singur punct, sau numai așa s-a putut petrece acest fapt în trecut. Galaxiile trebuie să fi avut totuși viteze și după direcții transversale, ceea ce ar fi făcut posibilă o fază de contracție în trecut, în care galaxiile s-au apropiat foarte mult una de cealaltă, dar au evitat cumva ciocnirile dintre ele. Universul ar fi continuat prin a se extinde, fără să fi trecut deci în prealabil printr-o stare de densitate infinită.

Pe vremea când Lifșiț și Halatnikov și-au emis ipoteza, eu eram doctorand și căutam un subiect pentru a-mi termina teza. Eram interesat de problema existenței singularității la big bang, deoarece aceasta era crucială pentru înțelegerea originii universului. Împreună cu Roger Penrose am dezvoltat un set de tehnici matematice pentru a trata astfel de probleme. Noi am arătat că, dacă relativitatea generală este corectă, atunci orice model rezonabil al universului trebuie să înceapă cu o singularitate. Acest fapt înseamnă că știința poate prezice existența unui început al universului, dar nu poate prezice cum trebuie universul să înceapă. Pentru începuturi, trebuia să apelăm la Dumnezeu.

A fost interesant să constatăm schimbarea climatului de opinie privind singularitățile. Când eram absolvent, aproape nimeni nu le lua în serios. Acum, ca urmare a teoremelor de singularitate, aproape toți cred că universul a început cu o singularitate, la care legile fizicii n-au mai fost valabile. Acum eu cred că, deși atunci a fost o singularitate, legile fizicii încă mai pot determina cum a început universul.

Teoria relativității generale este o teorie așa-zis clasică. Aceasta înseamnă că teoria nu ține seamă de faptul că

particulele nu au poziții și viteze bine determinate, mărimile fiind „împrăștiate" într-o mică regiune din cauza principiului de incertitudine din mecanica cuantică. Principiul de incertitudine nu permite măsurarea simultană a poziției și vitezei unei particule. În situații normale, nedeterminarea cuantică nu contează, din cauză că raza de curbură a spațiului-timp este foarte mare în comparație cu incertitudinea poziției unei particule. Totuși, teoremele de singularitate arată că spațiul-timp va fi puternic perturbat, având o rază de curbură foarte mică la începutul actualei faze de expansiune a universului. În această situație, principiul de incertitudine este foarte important. Așadar, prezicând singularitățile, teoria relativității își atrage după sine propria pieire. Pentru a discuta începuturile universului, avem nevoie de o teorie care să îmbine relativitatea generală cu mecanica cuantică.

Această teorie este gravitația cuantică. Nu știm încă ce formă va lua exact teoria corectă a gravitației cuantice. Cel mai bun candidat pe care îl avem pe moment este teoria supercorzilor, dar mai rămâne un număr de probleme nerezolvate. Totuși, ne așteptăm ca anumite aspecte să fie prezente în orice teorie viabilă. Unul dintre aspecte este ideea lui Einstein că efectele gravitației pot fi reprezentate de un spațiu-timp curbat sau distorsionat de materia și energia prezente acolo. Obiectele tind să urmeze traiectoria cea mai apropiată de o linie dreaptă în acest spațiu curbat. Traiectoriile apar îndoite din cauza curburii spațiului, ca sub influența câmpului gravitațional.

Un alt element pe care îl presupunem prezent în teoria finală este propunerea lui Richard Feynman ca teoria cuantică să fie formulată ca „sumă a istoriilor". În cea mai simplă formulare, ideea stipulează că fiecare particulă are fiecare drum posibil, sau istorie, în spațiul-timp. Fiecare drum sau istorie are o probabilitate care depinde de forma sa. Pentru a pune în aplicare ideea, trebuie considerate istoriile care au loc în timp imaginar și nu în timpul real

în care ne percepem că trăim noi înșine. Timpul imaginar pare scos din romanele științifico-fantastice, dar el este de fapt un concept matematic bine definit. Într-un fel, el poate fi conceput ca o direcție a timpului perpendiculară pe timpul real. Se însumează probabilitățile tuturor istoriilor particulelor cu anumite proprietăți, cum ar fi trecerea lor prin puncte definite în anumite momente. Pe urmă rezultatul trebuie extrapolat înapoi, la spațiul-timp real în care trăim. Procedura expusă nu este cea mai familiară pentru mecanica cuantică, dar ea dă aceleași rezultate ca și alte metode.

În cazul gravitației cuantice, ideea lui Feynman cu suma istoriilor ar implica suma diverselor istorii posibile ale universului, adică suma diverselor spații-timp curbate. Ele ar reprezenta istoria universului și a tot ceea ce se află în univers. Trebuie specificat ce clasă de universuri curbate este necesar să fie inclusă în suma istoriilor. Alegerea clasei de spații determină în ce stare se află universul. Dacă clasa spațiilor curbate care definește starea universului include spații cu singularități, probabilitatea acestor spații nu va fi determinată de teorie. Probabilitățile vor trebui asignate într-un mod oarecare, arbitrar. Aceasta înseamnă că știința nu poate prevedea probabilitățile unor astfel de istorii singulare pentru spațiul-timp. Așadar, ea nu poate prezice comportarea universului. Este posibil totuși ca universul să fie într-o stare definită de o sumă care include numai spații curbate nesingulare. În acest caz, legile științei ar determina complet universul; nu vom avea de făcut apel la vreun factor extern universului pentru a afla cum a început acesta. Într-un fel, presupunerea că starea universului ar fi determinată de sumarea doar a istoriilor nesingulare este ca gluma cu bețivul care își caută cheia sub felinar: s-ar putea ca el să n-o fi pierdut tocmai acolo, dar acela este singurul loc unde o poate căuta. În mod asemănător, universul s-ar putea să nu fie într-o stare definită de suma istoriilor nesingulare, dar aceasta este singura stare în care știința poate prezice cum trebuie să fie universul.

În 1983, Jim Hartle și cu mine am presupus că starea universului trebuie dată de o sumă a unei anumite clase de istorii. Această clasă constă din spații curbate fără singularități, care erau finite ca mărime, dar nu aveau granițe sau margini. Ele ar fi ca suprafața pământului, dar cu încă două dimensiuni. Suprafața pământului are o arie finită, dar nu are nici o singularitate, graniță sau limită. Am verificat acest lucru prin experiment. Am călătorit în jurul pământului, dar n-am căzut de pe el.

Propunerea noastră poate fi parafrazată cam așa: condiția la limită a universului este că el nu are margini. Numai dacă universul se află în această stare nemărginită, legile științei determină ele însele probabilitatea fiecărei istorii posibile. Deci numai în acest caz legile cunoscute vor determina cum trebuie să se comporte universul. Dacă universul se află în altă stare, clasa de spații curbate din suma istoriilor va include spații cu singularități. Pentru a determina probabilitățile unor astfel de istorii singulare, trebuie invocat un alt principiu decât legile cunoscute ale științei. Acest principiu ar fi ceva din afara universului nostru. Pe de altă parte, dacă universul se află într-o stare fără granițe, noi am putea, în principiu, determina complet cum trebuie să se comporte universul, între limitele impuse de principiul de incertitudine.

Desigur că ar fi frumos pentru știință dacă universul s-ar afla în starea fără granițe, dar cum putem spune dacă aceasta este situația? Răspunsul este că ipoteza fără granițe permite emiterea de predicții definite privind comportarea universului. Dacă aceste predicții nu concordă cu observațiile, atunci putem conchide că universul nu se află în starea fără granițe. Astfel, ipoteza universului fără granițe este o teorie științifică bună în sensul definit de filozoful Karl Popper: aceasta poate fi respinsă sau falsificată de observații.

Dacă observațiile nu concordă cu predicțiile, vom ști că în clasa istoriilor posibile trebuie să fie singularități.

Aceasta este tot ceea ce putem cunoaște. Nu vom putea calcula probabilitățile istoriilor singulare; așadar, nu vom fi capabili să calculăm cum se va comporta universul. S-ar putea crede că imposibilitatea de a prevedea mersul evenimentelor n-ar avea prea mare importanță dacă aceasta se referă numai la big bang; la urma urmei, acesta s-a petrecut cu zece sau douăzeci de miliarde de ani în urmă. Dar, dacă posibilitatea predicției a devenit nulă în câmpurile gravitaționale foarte intense de la big bang, atunci s-a putut întâmpla la fel ori de câte ori a colapsat vreo stea. Și numai în galaxia noastră colapsează câteva stele pe săptămână. Predicțiile noastre ar fi deci precare chiar și după standardul prognozelor meteorologice.

Desigur, am putea rămâne indiferenți față de faptul că nu putem prevedea comportarea unei stele depărtate. Totuși, în teoria cuantică, tot ce nu este cu adevărat interzis poate să se întâmple și chiar se va întâmpla. Astfel, dacă clasa istoriilor posibile include spații cu singularități, aceste singularități pot să apară oriunde, nu numai la big bang și la stelele care colapsează. Aceasta înseamnă că nu putem prezice nimic. Și reciproc, faptul că putem prezice evenimente reprezintă o dovadă experimentală împotriva singularităților și în favoarea ipotezei nemărginirii.

Așadar, ce prezice ipoteza nemărginirii cu privire la univers? În primul rând, trebuie menționat că, datorită extensiei finite a tuturor istoriilor posibile, timpul va avea o valoare maximă și o valoare minimă, orice cantitate am folosi pentru a-l măsura. Universul ar avea deci un început și un sfârșit. În cazul timpului real, începutul ar fi chiar singularitatea de la big bang. În cazul timpului imaginar, începutul nu ar fi o singularitate, ci ar semăna oarecum cu Polul Nord al pământului. Dacă alegem în calitate de analog al timpului gradele de latitudine de pe suprafața pământului, se poate afirma că suprafața acestuia începe la Polul Nord. Totuși, Polul Nord este un punct absolut obișnuit de pe pământ. El nu are nimic deosebit, iar legile

naturii acționează acolo la fel ca în celelalte locuri de pe pământ. În mod asemănător, putem alege pentru „începutul universului în timp imaginar" un punct obișnuit din spațiul-timp, la fel de bine ca oricare alt punct. Legile științei ar fi valabile și la început, ca în orice altă parte.

Pornind de la analogia cu suprafața pământului, ne putem aștepta ca sfârșitul universului să fie asemănător începutului, așa cum Polul Nord seamănă cu Polul Sud. Dar Polii Nord și Sud corespund începutului și sfârșitului istoriei universului doar în timpul imaginar și nu în timpul real în care trăim. Dacă se extrapolează rezultatele sumei istoriilor din timpul imaginar la cel real, se găsește că, în timpul real, începutul universului poate fi foarte diferit de sfârșitul lui.

Jonathan Halliwell și cu mine am făcut un calcul aproximativ despre implicațiile condiției absenței marginilor. Noi am tratat universul ca pe un fond perfect neted și uniform în care existau mici fluctuații de densitate. În timpul real, universul ar fi descris ca începându-și expansiunea de la o rază extrem de mică. La început, expansiunea ar avea ceea ce numim caracter inflaționist, adică universul și-ar dubla dimensiunile la fiecare fracțiune infimă de secundă, exact așa cum se dublează prețurile în fiecare an în anumite țări. Recordul mondial de inflație economică este deținut probabil de Germania de după primul război mondial, când prețul unei pâini a urcat de la mai puțin de o marcă la câteva milioane în câteva luni. Dar nimic nu poate fi comparat cu inflația care pare să fi avut loc în universul timpuriu: o creștere în dimensiuni cu un factor de cel puțin un milion de milioane de milioane de milioane de milioane de milioane de ori într-o minusculă fracțiune de secundă. Desigur că faptul s-a consumat înaintea actualului guvern.

Inflația a fost un lucru bun, în sensul că a produs un univers care era neted și uniform pe scară mare și care se dilata cu exact viteza critică necesară pentru a evita

recăderea în colaps. Inflația a mai fost favorabilă și prin aceea că a produs tot conținutul universului — aproape literal — din nimic. Atunci când universul era un punct izolat, ca Polul Nord, el nu conținea nimic. Acum există cel puțin zece la puterea optzeci de particule în partea de univers pe care o putem observa. De unde au provenit aceste particule? Răspunsul este că relativitatea și mecanica cuantică permit crearea materiei din energie, sub formă de perechi de particulă/antiparticulă. Și de unde a provenit energia care a creat această materie? Răspunsul este că energia a fost împrumutată de la energia gravitațională a universului. Universul are de plătit o imensă datorie de energie gravitațională negativă, care este echilibrată exact de energia pozitivă a materiei. În timpul perioadei inflaționiste, universul a devenit dator vândut energiei gravitaționale pentru a finanța crearea unei cantități mai mari de materie. Rezultatul a fost un triumf pentru economia keynesiană: un univers viguros în expansiune, plin cu obiecte materiale. Datoria contractată de la energia gravitațională nu va fi plătită până la sfârșitul universului.

Universul timpuriu nu putea fi complet omogen și uniform, deoarece aceasta ar fi violat principiul de incertitudine al mecanicii cuantice. În loc de aceasta, ar fi trebuit să existe abateri de la densitatea uniformă. Ipoteza inexistenței marginilor înseamnă că aceste diferențe de densitate ar debuta în starea lor fundamentală. Ele ar fi fost deci atât de mici pe cât le-a permis-o principiul de incertitudine. În timpul expansiunii inflaționiste, totuși, diferențele ar fi fost amplificate. După încheierea perioadei inflaționiste, a rămas un univers care se dilata ceva mai rapid în unele părți decât în altele. În regiunile cu o expansiune mai lentă, aceasta ar fi fost și mai mult încetinită de atracția gravitațională. În cele din urmă, regiunile respective și-ar fi încetat dilatarea și s-ar fi contractat pentru a forma galaxii și stele. Astfel, ipoteza inexistenței granițelor poate explica toată structura complicată care ne înconjoară. Totuși, această ipoteză nu duce la o predicție unică pentru univers, ci la o întreagă familie de istorii posibile, fiecare cu propria sa probabilitate. Ar putea exista o istorie în care partidul laburist să fi învins la ultimele alegeri din Marea Britanie, dar pesemne probabilitatea evenimentului ar fi foarte mică.

Ipoteza universului nemărginit are implicații profunde privind rolul lui Dumnezeu în afacerile universului. Faptul că universul evoluează după legi bine definite este acum larg acceptat. Aceste legi au putut fi decretate de Dumnezeu, dar se pare că El nu intervine în univers pentru a încălca legile. Până de curând se credea că aceste legi nu sunt aplicabile începutului universului. Ar fi fost la voia Domnului să întoarcă arcul care pune în mișcare mecanismul universului și să-l orienteze după orice direcție ar fi dorit El. Așadar, starea actuală a universului ar fi fost rezultatul alegerii condițiilor inițiale întreprinse de Dumnezeu.

Totuși, situația ar fi foarte diferită, dacă o ipoteză de tipul universului nemărginit ar fi corectă. În acest caz, legile fizicii ar fi valabile chiar și la începutul universului, astfel că Dumnezeu n-ar fi avut libertatea să fixeze condițiile inițiale. Desigur, El ar fi avut încă libertatea să aleagă legile cărora universul trebuia să li se supună. Totuși, nu era o alegere prea mare. Poate exista numai un număr mic de legi selfconsistente, care să ducă până la ființe complicate ca noi înșine, capabile să pună întrebarea care este natura lui Dumnezeu.

Și chiar dacă există un set unic de legi posibile, acesta este constituit doar dintr-un număr de ecuații. Ce anume le insuflă acestora foc și face special pentru ele un univers pe care să îl guverneze? Este teoria finală atât de cuprinzătoare cât să dea socoteală de propria sa existență? Deși știința poate răspunde la întrebarea cum a început universul, ea nu poate răspunde la întrebarea: de ce s-a ostenit el să existe? Nici eu nu știu răspunsul.

10
MECANICA CUANTICĂ A GĂURILOR NEGRE*

Primii treizeci de ani ai acestui secol au fost martorii apariției celor trei teorii care au schimbat radical concepția despre fizică și despre realitatea însăși. Fizicienii încearcă încă și acum să explice implicațiile acestora și să le pună laolaltă. Cele trei teorii sunt teoria relativității restrânse (1905), teoria relativității generale (1915) și mecanica cuantică (cca 1926). Autorul principal al primei teorii, unicul autor al celei de-a doua și important contributor la dezvoltarea celei de-a treia a fost Albert Einstein. El n-a acceptat însă niciodată mecanica cuantică din cauza elementului său de hazard și de incertitudine. Părerile sale au fost rezumate în afirmația sa des citată: „Dumnezeu nu joacă zaruri." Majoritatea fizicienior a acceptat totuși de îndată atât relativitatea specială, cât și mecanica cuantică, deoarece acestea descriau efecte care puteau fi direct observate. Pe de altă parte, relativitatea generală era în mare parte ignorată, deoarece părea prea complicată matematic, nu era testabilă în laborator și era o teorie pur clasică, aparent incompatibilă cu mecanica cuantică. Ca urmare, relativitatea generală a dormitat vreme de aproape cincizeci de ani.

Marele avânt al observațiilor astronomice care s-a declanșat în anii '60 a dus la o reînnoire a interesului pentru teoria clasică a relativității generale, deoarece se părea că multe dintre fenomenele noi care fuseseră descoperite, cum ar fi cuasarii, pulsarii și sursele compacte de raze X, indicau

* Articol publicat în *Scientific American* în ianuarie 1977.

prezența unor câmpuri gravitaționale foarte puternice — câmpuri care puteau fi descrise numai de relativitatea generală. Cuasarii sunt obiecte asemănătoare stelelor, care trebuie să fie de multe ori mai strălucitoare decât galaxii întregi, în cazul în care, așa cum se consideră, ele sunt într-adevăr atât de departe pe cât o indică deplasarea spre roșu a spectrelor emise. Pulsarii sunt rămășițe ale exploziilor de supernove, sub formă de stele neutronice foarte dense; ei clipesc cu frecvențe mari. Sursele compacte de raze X, revelate de instrumentele prezente la bordul vehiculelor spațiale, pot fi de asemenea stele neutronice, sau pot fi niște obiecte ipotetice cu densitate și mai mare, și anume găuri negre.

Una dintre problemele cu care au fost confruntați fizicienii doritori să aplice relativitatea generală la studiul obiectelor nou descoperite sau ipotetice a fost compatibilitatea dintre relativitate și mecanica cuantică. În ultimii câțiva ani, au avut loc evoluții care ne dau speranța că, nu peste multă vreme, vom avea o teorie completă și consistentă a gravitației cuantice, o teorie care să concorde cu relativitatea generală pentru corpurile macroscopice. Noua teorie ar trebui să nu conțină infiniturile matematice care au influențat nefast o lungă vreme alte teorii cuantice ale câmpului. Evoluțiile amintite au de-a face cu anumite efecte cuantice descoperite recent, asociate cu găurile negre. Ele stabilesc o legătură remarcabilă între găurile negre și legile termodinamicii.

Permiteți-mi să descriu pe scurt cum poate să apară o gaură neagră. Imaginați-vă o stea cu masa de circa zece ori mai mare decât masa soarelui. De-a lungul celei mai mari părți a vieții sale, de circa un miliard de ani, steaua va genera căldură în centrul său, prin conversia hidrogenului în heliu. Energia degajată va crea suficientă presiune pentru a menține constantă steaua împotriva propriei sale gravitații, dând naștere unui obiect cu raza de circa cinci ori mai mare decât raza soarelui. Viteza de evadare de pe

suprafața unei astfel de stele ar fi de circa o mie de kilometri pe secundă. Este un fel de a spune că un obiect proiectat vertical în sus cu o viteză mai mică decât o mie de kilometri pe secundă va fi tras înapoi de câmpul gravitațional al stelei și se va reîntoarce pe suprafață, în timp ce un obiect cu viteza mai mare decât 1 000 km/s va continua să se deplaseze la infinit.

După ce steaua își va epuiza combustibilul nuclear, nu va mai rămâne nimic pentru a menține presiunea orientată spre exterior, iar steaua va începe să colapseze din cauza propriei gravitații. Pe măsură ce steaua se contractă, câmpul ei gravitațional la suprafață se intensifică, iar viteza de evadare crește. În momentul în care raza stelei scade la treizeci de kilometri, viteza de evadare crește la 300 000 km/s, adică la viteza luminii. După acest moment, orice fel de lumină emisă de stea nu va mai fi capabilă să scape la infinit, ci va fi trasă înapoi de câmpul gravitațional. În conformitate cu teoria relativității restrânse, nimic nu se poate deplasa cu o viteză mai mare decât viteza luminii; astfel, dacă lumina nu mai poate scăpa, nimic nu mai poate scăpa de pe stea.

Rezultatul procesului va fi o gaură neagră — o regiune a spațiului-timp din care este imposibilă evadarea la infinit. Granița găurii negre este numită orizontul evenimentelor. Ea corespunde unui front de undă al luminii care ratează de puțin evadarea la infinit, rămânând să se rotească pe un cerc cu raza Schwartzschild: $2GM/\sqrt{c}$, unde G este constanta gravitației lui Newton, M este masa stelei, iar c este viteza luminii. Pentru o stea de circa zece ori mai mare decât soarele, raza Schwartzschild este de circa treizeci de kilometri.

În momentul de față există dovezi observaționale care indică prezența unor găuri negre de această dimensiune într-un sistem stelar dublu, în sursa de raze X cunoscută sub numele de Cygnus X-I. Ar mai putea exista un număr de găuri negre cu mult mai mici, răspândite prin univers,

formate nu prin colapsul unor stele, ci prin colapsul unor regiuni foarte comprimate din mediul fierbinte și dens despre care se crede că ar fi predominat la scurt timp după big bang, explozia care a produs universul. Acest fel de găuri negre „primordiale" sunt de cel mai mare interes pentru efectele cuantice pe care le voi descrie aici. O gaură neagră cântărind un miliard de tone (aproximativ cât masa unui munte) ar avea raza de circa 10^{-13} centimetri (dimensiunile unui neutron sau proton). Ea ar putea orbita în jurul soarelui sau în jurul centrului galaxiei.

Prima indicație că ar putea exista o legătură între găurile negre și termodinamică a apărut în 1970, odată cu demonstrarea matematică a faptului că aria suprafeței orizontului evenimentelor (aria limitei găurii negre) crește totdeauna când în gaura neagră cade materie adițională sau radiație. Mai mult, dacă două găuri negre se ciocnesc și se unesc formând o singură gaură neagră, aria orizontului evenimentelor găurii negre rezultate din ciocnire este mai mare decât suma ariilor orizonturilor celor două găuri negre inițiale. Aceste proprietăți sugerează existența unor asemănări între aria orizontului evenimentelor și conceptul de entropie din termodinamică. Entropia poate fi privită ca o măsură a dezordinii unui sistem, sau, ceea ce este echivalent, a necunoașterii stării sale precise. Faimoasa lege a doua a termodinamicii spune că entropia crește totdeauna cu timpul.

Analogia dintre proprietățile găurilor negre și legile termodinamicii a fost extinsă de James M. Bardeen de la Universitatea din Washington, de Brandon Carter, care este acum la Observatorul din Meudon, și de mine. Prima lege a termodinamicii spune că o mică schimbare în entropia unui sistem este însoțită de o schimbare proporțională în energia sistemului. Factorul de proporționalitate este numit temperatura sistemului. Bardeen, Carter și cu mine am găsit o lege similară legând o schimbare de masă a găurii negre cu o schimbare în aria orizontului evenimentelor. Aici factorul de proporționalitate implică o cantitate

numită gravitația de suprafață, care este măsura intensității câmpului gravitațional la orizontul evenimentelor. Dacă se acceptă ideea că aria orizontului evenimentelor este analogă entropiei, atunci s-ar părea că gravitația de suprafață este analogă temperaturii. Asemănarea este accentuată de faptul că gravitația de suprafață se dovedește identică în toate punctele de pe orizontul evenimentelor, exact așa cum temperatura este aceeași peste tot într-un corp aflat în echilibru termic.

Deși există o asemănare clară între entropie și aria orizontului evenimentelor, nu ne era clar cum poate fi identificată aria cu entropia unei găuri negre. Ce semnificație putea să aibă entropia unei găuri negre? O ipoteză crucială a fost avansată în 1972 de Jacob D. Bekenstein, care era pe atunci aspirant la Universitatea Princeton și care se află acum la Universitatea Negev din Israel. Lucrurile se petrec cam așa: atunci când o gaură neagră este creată prin colaps gravitațional, ea ajunge rapid într-o stare staționară, caracterizată de trei parametri: masa, momentul cinetic și sarcina electrică. În afara acestor trei proprietăți, gaura neagră nu mai păstrează nici un detaliu al obiectului care a colapsat. Această concluzie, cunoscută sub numele de teorema „gaura neagră nu are păr" a fost demonstrată în lucrările combinate ale lui Carter, Werner Israel de la Universitatea din Alberta, David C. Robinson de la King's College din Londra și de mine.

Teorema „fără păr" are drept consecință pierderea unei mari părți din informație în urma colapsului gravitațional. Starea finală a găurii negre este independentă, de exemplu, de faptul că obiectul care a colapsat a fost compus din materie sau din antimaterie, sau a fost sferic, ori a avut o suprafață foarte neregulată. Cu alte cuvinte, o gaură neagră cu masă, moment cinetic și sarcină electrică date s-ar fi putut forma prin colapsul oricăror obiecte dintr-un număr mare de configurații posibile. Într-adevăr, dacă s-ar neglija efectele cuantice, numărul de configurații

ar deveni infinit, deoarece gaura neagră s-ar fi putut forma prin colapsul unui nor conținând un număr nedefinit de particule cu o masă nedefinit de mică.

Principiul de incertitudine din mecanica cuantică implică totuși ca o particulă cu masa m să se comporte ca o undă cu lungimea de undă egală cu h/mc, unde h este constanta lui Planck (un număr foarte mic, anume $6{,}62 \times 10^{-27}$ erg × s), iar c este viteza luminii. Pentru ca un nor de particule să colapseze formând o gaură neagră, trebuie ca această lungime de undă să fie mai mică decât dimensiunea găurii negre care se formează astfel. Se pare, prin urmare, că numărul configurațiilor din care se poate forma o gaură neagră de masă m, având momentul cinetic și sarcina electrică date, deși foarte mare, poate fi totuși finit. Bekenstein a sugerat să se interpreteze logaritmul acestui număr drept entropie a găurii negre. Logaritmul numărului de configurații ar constitui o măsură a cantității de informație iremediabil pierdută în timpul colapsului particulelor absorbite prin orizontul evenimentelor când a fost creată gaura neagră.

Aparenta eroare fatală din raționamentul lui Bekenstein era că, dacă o gaură neagră are o entropie proporțională cu aria orizontului evenimentelor, ea trebuie să aibă și o temperatură finită, care trebuie să fie proporțională cu gravitația sa de suprafață. De aici se deduce că o gaură neagră ar putea fi în stare de echilibru, emițând radiație termică la o anumită temperatură diferită de zero. Însă, conform conceptelor clasice, un astfel de echilibru nu este posibil, deoarece gaura neagră trebuie să absoarbă orice radiație termică incidentă pe suprafața ei, în timp ce, prin definiție, nu poate emite nimic în schimb.

Paradoxul s-a menținut până la începutul lui 1974, când eu studiam cum s-ar comporta, în conformitate cu mecanica cuantică, materia în vecinătatea unei găuri negre. Spre marea mea surpriză, am descoperit că gaura neagră pare să emită constant particule. Ca toată lumea pe vremea

aceea, acceptam și eu axioma că o gaură neagră nu poate emite nimic. Am depus așadar eforturi susținute pentru a scăpa de acest efect nedorit. Cum efectul nu se dădea dus, a trebuit să-l accept. Ceea ce m-a convins că este vorba de un proces fizic real, a fost spectrul particulelor emergente, care este cu precizie unul termic; gaura neagră creează și emite particule ca și când ar fi un corp negru obișnuit, având temperatura proporțională cu gravitația de suprafață și invers proporțională cu masa. Acest fapt valida ipoteza lui Bekenstein conform căreia gaura neagră poate fi în echilibru termic la o temperatură finită, alta decât zero.

De atunci, demonstrația matematică a faptului că găurile negre pot avea emisie termică a fost confirmată de mai mulți cercetători prin diferite alte procedee. O modalitate de a înțelege emisia este cea care urmează. Mecanica cuantică implică un spațiu umplut în întregime cu perechi de particule și antiparticule „virtuale", care se materializează constant în perechi, se separă, apoi se reunesc și se anihilează reciproc. Aceste particule se numesc virtuale, deoarece, spre deosebire de particulele „reale", ele nu se pot observa direct cu un detector de particule. Efectul lor poate fi măsurat totuși indirect, iar existența lor a fost confirmată de o mică deplasare („deplasarea Lamb") produsă în spectrul luminii emise de atomii de hidrogen excitați. În prezența unei găuri negre, un membru al perechii de particule virtuale poate cădea în gaura neagră, lăsându-l pe celălalt membru fără partenerul cu care să se anihileze. Particula sau antiparticula abandonată poate cădea în gaura neagră după partenerul ei, dar mai poate și să scape spre infinit, unde apare ca radiația emisă de gaura neagră.

O altă modalitate de a interpreta procesul este de a-l considera pe acel membru al perechii care cade în gaura neagră — să zicem antiparticula — ca fiind o particulă reală care se deplasează în sens invers în timp. În acest

fel, antiparticula care cade în gaura neagră poate fi privită ca o particulă ieșind din gaura neagră, dar călătorind invers în timp. Atunci când particula atinge punctul în care s-a materializat la început perechea particulă antiparticulă, ea este difuzată de câmpul gravitațional, astfel încât călătorește înainte în timp.

Mecanica cuantică permite așadar unei particule să evadeze din interiorul găurii negre, fapt care nu este permis în mecanica clasică. Există, desigur, multe alte situații în fizica atomică și nucleară în care sunt prezente bariere de un anumit fel, pe care particulele nu le pot penetra în virtutea principiilor clasice, dar pe care le pot tunela pe baza principiilor mecanicii cuantice.

Grosimea barierei din jurul unei găuri negre este proporțională cu dimensiunile găurii negre. Aceasta înseamnă că dintr-o gaură neagră uriașă, așa cum se crede că ar exista în Cygnus X-I, nu pot scăpa decât puține particule; particulele pot scăpa însă foarte rapid din găurile negre mai mici. Calculele detaliate arată că particulele emise au spectrul termic corespunzător unei temperaturi care crește rapid pe măsură ce masa găurii negre descrește. Pentru o gaură neagră cu masa cât a soarelui, temperatura este cu numai circa o zecime de milionime de grad deasupra lui zero absolut. Radiația termică emisă de o gaură neagră având această temperatură va fi complet acoperită de fondul general de radiație al universului. Pe de altă parte, o gaură neagră cu masa de circa un miliard de tone, adică o gaură neagră primordială, cu dimensiunile aproximativ cât ale protonului, ar avea temperatura de vreo 120 de miliarde de grade Kelvin, care corespunde unei energii de aproape zece milioane de electron-volți. La o astfel de temperatură, o gaură neagră va fi capabilă să producă perechi de electron-pozitron și particule de masă zero, ca fotonii, neutrinii și gravitonii (presupușii purtători ai energiei gravitaționale). O gaură neagră primordială ar emite energie cu puterea de 6 000 de megawați, echivalentă cu aceea a șase centrale nucleare mari.

Pe măsură ce gaura neagră emite particule, masa și dimensiunile sale descresc continuu. Acest fapt face mai ușoară tunelarea particulelor, astfel că emisia lor va continua cu un ritm mereu mai mare, până când, în cele din urmă, gaura neagră se epuizează prin radiație. Pe termen lung, toate găurile negre se vor evapora în acest fel. Pentru găurile negre mari, timpul de viață este într-adevăr foarte mare; o gaură neagră cât masa soarelui va trăi circa 10^{66} ani. Pe de altă parte, o gaură neagră primordială trebuie să se epuizeze aproape complet în cele zece miliarde de ani care au trecut de la big bang — de la începutul universului, așa cum îl cunoaștem. Astfel de găuri negre ar trebui să emită raze gama cu o energie de circa 100 de milioane de electron-volți. Calculele efectuate de Don N. Page, aflat atunci la Caltech, și de mine, bazate pe măsurătorile fondului cosmic de radiație gama obținute de satelitul SAS-2, arată că densitatea medie a găurilor negre primordiale din univers trebuie să fie mai mică decât două sute pe un an-lumină cub. Densitatea locală din galaxia noastră ar putea fi de un milion de ori mai mare decât acest număr, dacă găurile negre primordiale ar fi concentrate în „haloul" galaxiilor — acel nor subțire de stele care se mișcă rapid, în care este imersată fiecare galaxie — în loc să fie uniform distribuite în univers. Aceasta înseamnă că gaura neagră cea mai apropiată de pământ se află probabil cel puțin la distanța planetei Pluton.

Stadiul final al evaporării unei găuri negre se va derula atât de rapid, încât se va manifesta ca o explozie îngrozitoare. Puterea ei va depinde de cât de multe specii diferite de particule elementare există. Dacă, așa cum se consideră acum, toate particulele sunt compuse din șase varietăți diferite de cuarci, atunci explozia finală va avea o energie echivalentă cu circa zece milioane de bombe cu hidrogen de o megatonă. Pe de altă parte, o teorie alternativă elaborată de R. Hagedorn de la CERN, Centrul European de Cercetări Nucleare de la Geneva, susține că există un număr infinit de particule elementare cu masa tot mai mare. Pe măsură ce o gaură neagră devine mai mică și mai fierbinte, ea va emite un număr mai mare și mai mare de specii de particule diferite și va produce o explozie poate de 100 000 de ori mai mare decât aceea calculată pe baza ipotezei cuarcilor. Prin urmare, observarea exploziei unei găuri negre ar putea furniza o informație foarte importantă despre fizica particulelor elementare, informație care n-ar fi accesibilă altfel.

Explozia unei găuri negre ar produce o emisie masivă de raze gama de energie înaltă. Deși ele ar putea fi observate de detectorii de raze gama instalați pe sateliți și pe baloane, ar fi destul de dificil să se trimită un detector suficient de mare pentru a avea o șansă rezonabilă să intercepteze un număr semnificativ de fotoni gama provenind de la o explozie. O posibilitate ar fi folosirea unei navete spațiale pentru construirea unui detector mare de raze gama în orbită. O alternativă mai ușoară și mult mai ieftină ar fi să fie lăsată atmosfera să joace rolul de detector. O rază gama de energie mare care plonjează în atmosferă creează o ploaie de perechi de electron-pozitron, care, la început, vor zbura prin atmosferă mai repede decât lumina. (Lumina este încetinită de interacțiunile cu moleculele de aer.) Astfel, electronii și pozitronii vor da naștere la un fel de undă supersonică, sau de undă de șoc în câmpul electromagnetic. O astfel de undă de șoc, numită radiația Cerenkov, poate fi detectată de la sol ca o sclipire de lumină vizibilă.

Un experiment preliminar efectuat de Neil A. Porter și Trevor C. Weekes de la University College de la Dublin arată că dacă o gaură neagră explodează așa cum arată teoria lui Hagedorn, atunci au loc mai puțin decât două explozii de găuri negre pe an-lumină cub într-un secol în regiunea noastră a galaxiei, ceea ce implică o densitate a găurilor negre primordiale mai mică decât 100 de milioane pe an-lumină cubic. Este posibil să se mărească foarte

mult sensibilitatea acestui fel de observații. Chiar dacă ele nu vor revela nici un fel de dovadă pozitivă a existenței găurilor negre primordiale, observațiile vor fi foarte valoroase. Stabilind o valoare maximă a densității unor astfel de găuri negre, observațiile vor indica faptul că universul timpuriu trebuie să fi fost foarte neted și neturbulent.

Big bang-ul seamănă cu o explozie de gaură neagră, dar la o scară incomparabil mai extinsă. Se speră deci că înțelegerea modului în care sunt create particulele de găurile negre va duce la înțelegerea modului în care big bang-ul a creat totul în univers. Într-o gaură neagră materia colapsează și este pierdută pentru totdeauna, dar în locul ei este creată altă materie. S-ar putea ca în trecut să mai fi existat o fază a universului, în decursul căreia materia a colapsat, pentru a fi recreată prin big bang.

Dacă materia care colapsează pentru a forma o gaură neagră are o sarcină electrică netă, gaura neagră care rezultă va avea aceeași sarcină. Aceasta înseamnă că gaura neagră va tinde să atragă acele componente ale perechilor virtuale particulă-antiparticulă care au sarcină opusă și să le respingă pe acelea care au sarcină de același fel. Gaura neagră va emite prin urmare în mod preferențial particule cu sarcină de același semn cu sarcina proprie, pierzându-și astfel rapid sarcina inițială. În mod asemănător, dacă materia care colapsează are un moment cinetic total, gaura rezultată se va roti și va emite particule care vor purta momentul ei cinetic. Motivul pentru care gaura neagră „își amintește" sarcina electrică, momentul cinetic și masa materiei care a colapsat și „uită" orice altceva, este datorat cuplajului acestor trei mărimi cu câmpuri cu rază mare de acțiune: câmpul electromagnetic în cazul sarcinii și câmpul gravitațional în cazul momentului cinetic și al masei.

Experimentele efectuate de Robert H. Dicke de la Universitatea din Princeton și de Vladimir Braghinski de la Universitatea de Stat din Moscova au arătat că particulele

care au proprietatea denumită număr barionic nu posedă câmp cu rază mare de acțiune. (Barionii alcătuiesc o clasă de particule care include neutronul și protonul.) Deci, o gaură neagră formată prin colapsul unei mulțimi de barioni își va uita numărul barionic și va radia un număr egal de barioni și antibarioni. Prin urmare, atunci când o gaură neagră dispare, ea încalcă una dintre cele mai îndrăgite legi ale fizicii particulelor, legea conservării numărului barionic.

Deși ipoteza lui Bekenstein privind entropia finită a găurilor negre impune pentru consistența ei ca găurile negre să emită radiație termică, la prima vedere pare un adevărat miracol că, așa cum arată calculele detaliate de mecanică cuantică, generarea de particule duce la o emisie cu spectru termic. Explicația se află în modul de tunelare: atunci când iese din gaura neagră, particula părăsește o regiune despre care observatorul extern nu are informații decât cu privire la masă, moment cinetic și sarcină electrică. Aceasta înseamnă că toate combinațiile sau configurațiile particulelor emise care au aceeași energie, moment cinetic și sarcină electrică sunt egal probabile. Într-adevăr, este posibil ca gaura neagră să emită un televizor, sau operele lui Proust în zece volume legate în piele, dar numărul configurațiilor de particule ce corespund acestor posibilități exotice este insignifiant de mic. De departe, cel mai mare număr de configurații corespunde emisiei cu un spectru apropiat de cel termic.

Emisia provenită de la găurile negre a adăugat un grad de incertitudine sau de imprevizibil în plus față de cazul normal, asociat mecanicii cuantice. În mecanica clasică se pot prezice rezultatele măsurării simultane a poziției și vitezei unei particule. În mecanica cuantică, principiul de incertitudine arată că numai una dintre aceste două măsurători poate fi prezisă; observatorul poate prezice rezultatul măsurării ori a poziției, ori a vitezei, dar nu le poate măsura exact pe amândouă. Așadar, capacitatea

observatorului de a efectua predicții definite este în fapt înjumătățită. Cu găurile negre, situația este chiar mai rea. Deoarece particulele emise de gaura neagră vin dintr-o regiune despre care observatorul are cunoștințe foarte limitate, acesta nu poate prezice în nici un fel poziția ori viteza particulelor și nici un fel de combinație a acestor două mărimi; tot ce poate prezice este probabilitatea cu care vor fi emise anumite particule. Einstein a greșit de două ori, se pare, atunci când a afirmat că „Dumnezeu nu joacă zaruri". Așa cum ne sugerează examinarea emisiei de particule din găurile negre, Dumnezeu nu numai că joacă zaruri, dar le și aruncă uneori în locuri unde nu le mai putem vedea.

11

GĂURILE NEGRE ȘI UNIVERSURILE-COPII*

Căderea într-o gaură neagră a devenit una dintre ororile filmelor SF. De fapt, putem spune că acum găurile negre sunt mai mult obiecte de studiu ale științei decât subiecte de SF. Așa cum voi arăta mai jos, există temeiuri serioase pentru a prezice existența găurilor negre, iar dovezile experimentale indică prezența unui număr de găuri negre în galaxia noastră, ca și a unui număr mai mare în alte galaxii.

Desigur, momentul adevărului este acela în care scriitorii de SF scriu despre ce se întâmplă atunci când cazi în gaura neagră. Un loc comun este că, în cazul în care gaura neagră se rotește, poți cădea printr-o mică gaură din spațiul-timp și ieși într-o altă regiune a universului. Aceasta ar oferi mari posibilități pentru călătoriile în spațiu. Într-adevăr, vom avea nevoie de așa ceva dacă voiajul către alte stele, ca să nu mai vorbim de alte galaxii, va deveni o propunere lucrativă în viitor. Altfel, ținând seamă de faptul că nimic nu poate călători mai repede decât lumina, înseamnă că un drum dus-întors la cea mai apropiată stea va necesita cel puțin opt ani. Atât de mult pentru un repaus de sfârșit de săptămână pe Alfa Centauri! Pe de altă parte, dacă s-ar putea trece printr-o gaură neagră, ieșirea ar putea avea loc oriunde în univers. Nu este clar cum se

* Lecție Hitchcock ținută la Universitatea California de la Berkeley, în aprilie 1988.

poate alege destinația: te poți îndrepta în vacanță spre constelația Fecioarei și ajunge în Nebuloasa Crabului.

Îmi pare rău să-i dezamăgesc pe ipoteticii turiști galactici, dar acest scenariu nu funcționează: dacă sari într-o gaură neagră, vei fi sfărâmat și strivit mortal. Totuși există ceva real în afirmația că particulele care formează corpul vor fi transportate într-un alt univers. Dar nu știu dacă vreunul dintre noi s-ar consola aflând că, după ce va fi transformat în spaghetti de o gaură neagră, particulele sale ar putea supraviețui.

În pofida tonului ușor frivol pe care l-am adoptat, acest eseu este bazat pe știință serioasă. Cele mai multe lucruri afirmate aici sunt acceptate de ceilalți oameni de știință care lucrează în acest domeniu, deși consensul a survenit numai destul de recent. Ultima parte a eseului este bazată totuși pe o lucrare foarte recentă, asupra căreia nu s-a căzut încă de acord. Dar această lucrare trezește foarte mult interes și atenție.

Deși conceptul a ceea ce noi numim astăzi gaură neagră are o vechime de peste două sute de ani, numele de gaură neagră a fost introdus numai în 1967 de fizicianul american John Wheeler. A fost o lovitură de geniu: acest nume i-a asigurat obiectului respectiv intrarea în mitologia SF. Numele a stimulat cercetarea științifică oferind o denumire concretă pentru ceva care înainte nu avusese un titlu potrivit. Nu trebuie deloc subestimată importanța unui nume bun în știință.

După câte știu eu, prima persoană care a discutat problema găurilor negre a fost John Michell de la Cambridge, care a scris o lucrare despre ele în 1783. Ideea lui a fost următoarea: Să presupunem că tragem cu tunul vertical în sus de la suprafața pământului. Pe măsură ce proiectilul merge în sus, acesta va fi încetinit de gravitația terestră. În cele din urmă, proiectilul se va opri și va cădea înapoi pe pământ. Dar dacă el va porni cu o viteză mai mare decât o anumită valoare critică, atunci nu se va mai opri

din mișcarea ascendentă și va continua să se îndepărteze. Această viteză critică se numește viteză de evadare. Ea este de circa șapte mile pe secundă pentru pământ și de circa o sută de mile pe secundă pentru soare. Ambele viteze sunt mai mari decât viteza unui proiectil de artilerie, dar sunt mult mai mici decât viteza luminii, care măsoară 186 000 de mile pe secundă. Aceasta înseamnă că gravitația nu are mare efect asupra luminii; lumina poate scăpa fără dificultate de pe pământ sau de pe soare. Totuși, Michell a dedus că ar fi posibil să existe o stea cu o masă suficient de mare și destul de mică în dimensiuni ca viteza de evadare să fie mai mare decât viteza luminii. Noi nu vom putea vedea această stea, deoarece lumina emisă de suprafața ei nu va mai ajunge până la noi, fiind trasă înapoi de câmpul gravitațional al stelei. Vom fi însă capabili să detectăm prezența stelei prin efectul pe care îl produce câmpul său gravitațional asupra materiei din apropiere.

Nu este în totalitate corect să tratăm lumina ca pe un proiectil. Conform unui experiment efectuat în 1897, lumina se mișcă totdeauna cu aceeași viteză constantă. Cum poate deci gravitația încetini lumina? O teorie corectă descriind modul în care gravitația afectează lumina nu a apărut decât în anul 1915, când Einstein a formulat teoria relativității generale. Chiar și așa, implicațiile acestei teorii pentru stelele bătrâne și pentru alte corpuri masive nu au fost înțelese în general până în anii '60.

Conform teoriei generale a relativității, spațiul și timpul împreună pot fi privite ca formând un spațiu cvadridimensional numit spațiul-timp. Acest spațiu nu este plat, ci distorsionat, curbat de materia și energia pe care le conține. Putem observa această curbură măsurând devierea undelor de lumină sau radio care trec pe lângă soare în drum spre noi. În cazul luminii care trece pe lângă soare, devierea este foarte mică. Dar dacă soarele s-ar contracta până la un diametru de câteva mile, curbarea luminii ar fi atât de mare încât lumina care părăsește soarele ar fi

trasă înapoi de câmpul gravitațional solar. Conform teoriei relativității, nimic nu poate călători mai repede decât lumina, astfel că va exista o regiune din care nimic nu mai poate scăpa în afară. Această regiune este denumită gaură neagră. Granițele sale formează așa-numitul orizont al evenimentelor. Acesta este format de lumina care ratează de aproape ieșirea din gaura neagră, dar care rămâne rotindu-se la suprafață.

Ideea că soarele s-ar putea contracta la dimensiuni de câteva mile pare ridicolă. Se poate crede că materia nu este comprimabilă atât de mult. Dar se dovedește că da.

Soarele are dimensiunile pe care le știm deoarece este fierbinte. El arde hidrogenul, transformându-l în heliu, ca o bombă H controlată. Căldura degajată în acest proces generează o presiune care permite soarelui să reziste atracției propriei gravitații, care tinde să o facă mai mică.

În cele din urmă, soarele își va epuiza totuși combustibilul nuclear. Acest eveniment nu va avea loc înainte de vreo cinci miliarde de ani de acum încolo, astfel că deocamdată nu e grabă mare să vă rezervați biletul pentru zborul spre altă stea. Dar alte stele mai mari decât soarele își vor arde combustibilul mult mai repede. La terminarea combustibilului, ele vor începe să-și piardă căldura și să se contracte. Dacă sunt mai mici decât dublul masei solare, ele se vor opri în cele din urmă din contracție și se vor stabiliza. O astfel de stare se numește pitică albă. Piticele albe au diametrul de câteva mii de mile și densități de sute de tone pe țolul cub. O altă stare de acest fel este steaua neutronică, având circa zece mile diametru și densitatea de milioane de tone pe țolul cub.

S-au observat numeroase stele pitice albe în imediata noastră vecinătate, în galaxia noastră. Stelele neutronice n-au fost observate însă până în 1967, când Jocelyn Bell și Antony Hewish de la Cambridge au descoperit niște obiecte numite pulsari, care emit pulsuri regulate de unde radio. La început, ei s-au întrebat dacă n-au stabilit cumva legătura

cu o civilizație extraterestră: într-adevăr, îmi amintesc că sala de seminar în care și-au anunțat descoperirea era decorată cu siluete de „omuleți verzi". La sfârșit totuși, ei și toți ceilalți au ajuns la o concluzie mai puțin romantică: era vorba despre stele neutronice rotitoare. Era o știre proastă pentru scriitorii de westernuri spațiale, dar o veste bună pentru puținii dintre noi care credeam în găurile negre în acel moment. Dacă unele stele se pot restrânge la dimensiuni de circa zece sau douăzeci de mile ca să devină stele neutronice, ne putem aștepta ca alte stele să se contracte chiar mai mult, ca să devină găuri negre.

O stea cu masa de circa două ori mai mare decât a soarelui nu poate deveni o pitică albă sau stea neutronică. În anumite cazuri, steaua poate exploda și expulza destulă materie, pentru a-și aduce masa sub această limită. Dar faptul nu se petrece în toate cazurile. Unele stele vor deveni atât de mici, încât câmpul lor gravitațional va devia lumina până la reîntoarcerea ei către stea. Nici o rază de lumină, nimic altceva nu mai poate scăpa. Astfel, steaua va fi devenit o gaură neagră.

Legile fizicii sunt simetrice în timp. Astfel, dacă există obiecte numite găuri negre, în care cad lucruri care nu mai pot ieși în afară, trebuie să existe alte obiecte din care ies lucruri care nu mai pot cădea înăuntru. Le putem denumi găuri albe. Putem specula că, intrând într-o gaură neagră într-un loc, ar fi posibil să ieșim printr-o gaură albă într-un alt loc. Aceasta ar fi metoda ideală pentru a călători la mari distanțe, așa cum am menționat mai înainte. Tot ceea ce trebuie este să găsim gaura neagră din apropiere.

La prima vedere, această formă de călătorie spațială părea posibilă. Teoria relativității generale a lui Einstein are soluții care arată că este posibil să cazi într-o gaură neagră și să ieși printr-o gaură albă. Lucrări mai recente arată că aceste soluții sunt foarte instabile: cea mai mică perturbație, cum ar fi prezența unei nave spațiale, ar distruge „gaura viermelui" (*wormhole*), sau trecerea care duce de

la gaura neagră la cea albă. Nava spațială ar fi sfărâmată în bucăți de forțe infinit de puternice. Totul ar fi ca parcurgerea cascadei Niagara într-un butoi.

După toate acestea, situația părea fără speranță. Găurile negre păreau bune pentru a scăpa de gunoaie, sau chiar de unii prieteni. Dar găurile negre rămâneau „tărâmuri fără de întoarcere". Tot ceea ce am afirmat până acum a fost bazat numai pe calcule folosind teoria relativității generale a lui Einstein. Această teorie concordă în mod excelent cu observațiile efectuate. Dar noi știm că ea nu poate fi corectă până la capăt, deoarece nu înglobează principiul incertitudinii din mecanica cuantică. Principiul incertitudinii afirmă că particulele nu pot avea simultan o poziție bine definită și o viteză bine definită. Cu cât măsori mai precis poziția unei particule, cu atât mai puțin precis îi poți măsura viteza, și viceversa.

În 1973 am început să studiez ce modificări ar aduce găurilor negre principiul incertitudinii. Spre marea mea surpriză, și spre surpriza tuturor, am descoperit că găurile negre nu sunt complet negre. Ele ar emite radiație și particule într-un ritm constant. Rezultatele mele au fost întâmpinate cu o neîncredere generală atunci când le-am anunțat la o conferința lângă Oxford. Conducătorul conferinței a afirmat că spusele mele erau lipsite de sens și a scris o lucrare cu aprecieri negative. Totuși, atunci când alții mi-au repetat calculele, au găsit aceleași rezultate. În cele din urmă, până și conducătorul conferinței a recunoscut că am avut dreptate.

Cum poate scăpa radiația din câmpul gravitațional al găurii negre? Există mai multe căi pentru a înțelege cum. Deși par diferite, aceste căi sunt în realitate echivalente. Una dintre ele este înțelegerea faptului că principiul de incertitudine permite particulelor să se deplaseze pe distanțe scurte cu o viteză mai mare decât viteza luminii. Astfel, particulele și radiația pot penetra prin orizontul evenimentelor și pot scăpa din gaura neagră. Așadar, lucrurile

pot ieși din gaura neagră. Ceea ce iese din gaura neagră este totuși diferit de ceea ce cade în ea. Numai energia va fi aceeași.

Pe măsură ce gaura neagră emite particule și radiații, ea pierde masă. Din acest motiv, gaura neagră se micșorează și expulzează particule tot mai repede. În cele din urmă, ea atinge masa zero și dispare complet. Ce se întâmplă atunci cu obiectele, inclusiv cu eventualele nave spațiale care au căzut în gaura neagră? Conform unei lucrări pe care am elaborat-o recent, aceste obiecte ajung într-un mic univers propriu. Un univers-copil (*baby universe*) autosuficient se ramifică și se desparte de regiunea noastră a universului. Acest univers-copil se poate reuni iarăși cu regiunea noastră de spațiu-timp. Dacă acest fenomen are loc, atunci el ne apare ca o altă gaură neagră care s-a format și apoi s-a evaporat. Particulele care au căzut într-o gaură neagră vor reapărea ca particule emise de altă gaură neagră și viceversa.

Acest scenariu arată exact așa cum trebuie pentru a permite călătoriile spațiale prin găuri negre. N-ai decât să pilotezi nava spre gaura neagră corespunzătoare. E mai bine să fie una destul de mare, altfel vei fi laminat în formă de spaghetti înainte de a pătrunde înăuntru. Trebuie să speri apoi că vei ieși printr-o altă gaură, deși nu vei fi capabil să alegi unde.

Dar mai este un obstacol în calea acestei scheme de transport intergalactic. Universul-copil care preia particulele căzute în gaura neagră se produce în așa-numitul timp imaginar. În timpul real, astronautul care cade în gaura neagră își află un sfârșit penibil. El va fi făcut bucățele de diferența dintre forța de gravitație de la cap și cea de la picioare. Nici măcar particulele din care este alcătuit nu vor supraviețui. Istoriile lor din timpul real se vor sfârși într-o singularitate. Dar istoriile lor din timpul imaginar vor continua. Ele vor trece în universul-copil și vor ieși din nou ca particule emise de o altă gaură neagră. Astfel,

într-un anume sens, astronautul va fi transportat într-o altă regiune a universului, dar particulele care vor fi reemise nu vor mai semăna prea mult cu un astronaut. Nu e prea mare consolare pentru el să știe că, odată prăbușit într-o singularitate în timpul real, particulele sale vor supraviețui în timpul imaginar. Mottoul celui care cade într-o gaură neagră trebuie să fie: „Gândește imaginar."

Ce factor determină locul reapariției particulelor? Numărul particulelor din universul-copil va fi egal cu numărul de particule care au căzut în gaura neagră, plus numărul de particule pe care gaura neagră le emite de-a lungul procesului său de evaporare. Aceasta înseamnă că particulele care cad într-o gaură neagră vor ieși dintr-altă gaură de circa aceeași masă. Așadar, se poate încerca selectarea locului unde ies particulele creând o gaură neagră de aceeași masă cu aceea în care au intrat particulele. Totuși, gaura neagră va putea la fel de bine emite orice alt set de particule având aceeași energie totală. Chiar dacă gaura neagră va emite tipul corect de particule, nu se poate spune dacă ele sunt aceleași care au căzut în cealaltă gaură. Particulele nu poartă acte de identitate; toate particulele de un anume fel arată identic.

Toate acestea înseamnă că trecerea printr-o gaură neagră nu pare să se dovedească o metodă populară și sigură de călătorie spațială. Înainte de toate, ar trebui să ajungeți acolo călătorind în timp imaginar și să nu vă pese că istoria dumneavoastră în timp real se termină rău. În al doilea rând, nu vă puteți alege cu adevărat destinația. Ar fi ca zborul cu anumite companii aeriene pe care le-aș putea eventual menționa.

Cu toate că universurile-copii s-ar putea să nu fie de prea mult folos pentru călătoria spațială, ele au implicații importante pentru încercarea noastră de a găsi o teorie complet unificată care să descrie complet universul. Teoriile noastre actuale conțin o serie de cantități, cum ar fi mărimea sarcinii electrice a unei anumite particule. Valorile

acestor cantități nu pot fi prezise de teoriile noastre. Ele trebuie alese astfel încât să corespundă cu experimentul. Cei mai mulți oameni de știință cred totuși că există la bază o teorie unificată care va prezice valorile tuturor acestor mărimi.

S-ar putea foarte bine ca o astfel de teorie ascunsă să existe. Candidatul cel mai puternic din momentul de față se numește supercoarda heterotică. Ideea de bază stipulează că spațiul-timp este umplut cu mici bucle, ca niște bucăți de coardă. Ceea ce considerăm noi particule elementare sunt de fapt aceste bucle vibrând în diferite feluri. Această teorie nu conține nici un fel de numere ale căror valori să fie ajustate. Se așteaptă prin urmare ca această teorie unificată să fie capabilă să prezică toate valorile mărimilor, cum ar fi sarcina electrică a unei particule, rămasă nedeterminată în teoriile noastre actuale. Deși până acum noi nu am reușit să prezicem nici una dintre aceste valori din teoria supercorzilor, mulți cercetători cred că până la urmă vom izbândi.

Și totuși, dacă tabloul de față al universurilor-copii este corect, capacitatea noastră de a prezice aceste cantități va fi redusă, iar aceasta deoarece nu putem determina cât de multe universuri-copii există în afară, așteptând să se alipească regiunii noastre de univers. Pot exista universuri-copii care conțin numai câteva particule. Ele sunt atât de mici încât nu le vom sesiza atunci când se desprind sau se alipesc. La alipire, ele vor altera valorile aparente ale mărimilor de felul sarcinii electrice. Prin urmare, nu vom fi capabili să determinăm care sunt valorile reale ale acestor mărimi, deoarece nu știm câte universuri-copii așteaptă acolo, afară. Ar putea fi chiar o explozie demografică de universuri-copii. Spre deosebire de cazul uman, pentru ele nu par să existe factori limitativi, cum ar fi resursele alimentare sau spațiul locativ. Universurile-copii există în propriul lor tărâm. Problema este asemănătoare cu întrebarea câți îngeri încap pe un vârf de ac.

Pentru cele mai multe cantități, universurile-copii introduc o anumită nedeterminare a valorilor prezise, destul de mică, dar finită. Este totuși posibil să se dea o explicație pentru valoarea unei mărimi foarte importante: așa-numita constantă cosmologică. Ea este un termen din ecuațiile relativității generale care conferă spațiului-timp tendința intrinsecă de a se extinde sau de a se contracta. Einstein a propus o valoare foarte mică pentru această constantă, în speranța de a contrabalansa tendința materiei de a contracta universul. Această motivație a dispărut atunci când s-a descoperit că universul se extinde. Dar constanta cosmologică n-a fost ușor de înlăturat. Se crede că, datorită fluctuațiilor din mecanica cuantică, valoarea constantei cosmologice trebuie să fie foarte mare. Însă din observațiile efectuate asupra variației în timp a expansiunii universului, rezultă o valoare foarte mică pentru constanta cosmologică. Până acum nu există o explicație satisfăcătoare de ce valoarea observată trebuie să fie atât de mică. Desprinderea universurilor-copii și realipirea lor afectează valoarea aparentă a constantei cosmologice. Deoarece nu știm câte universuri-copii există, pentru constanta cosmologică vor fi mai multe valori posibile. O valoare apropiată de zero va fi de departe cea mai probabilă. Este un caz fericit, deoarece numai o valoare mică a constantei cosmologice are drept consecință un univers compatibil cu existența unor ființe ca noi.

În rezumat, se pare că particulele pot cădea într-o gaură neagră care se evaporă, dispărând din regiunea noastră de univers. Particulele ajung în niște universuri-copii care se ramifică și se despart de universul nostru. Aceste universuri-copii pot apoi reveni să se alipească în altă parte. Ele nu ne pot fi de folos pentru călătorii spațiale. Prezența lor înseamnă că vom fi capabili să prevedem mai puțin decât ne așteptam, chiar dacă vom găsi o teorie complet unificată. Pe de altă parte, vom putea fi capabili să oferim explicații pentru valorile măsurate ale unor mărimi cum

ar fi constanta cosmologică. În ultimii câtiva ani, mulți oameni au început să lucreze în problema universurilor-copii. Nu cred că vreunul dintre aceștia și-ar face o avere brevetându-le ca pe niște mijloace pentru călătorii spațiale. Universurile-copii constituie totuși un domeniu foarte atrăgător pentru cercetare.

12

ESTE TOTUL PREDETERMINAT?*

În piesa *Iulius Cezar*, Casius îi spune lui Brutus: „Câteodată, oamenii sunt stăpânii propriului destin." Dar suntem noi cu adevărat stăpânii destinului nostru? Sau tot ceea ce facem este predeterminat, hotărât dinainte? Argumentul folosit în favoarea predeterminării era că Dumnezeu este atotputernic și situat în afara timpului, astfel încât Dumnezeu știe totdeauna ce se va întâmpla. Dar, în acest caz, cum putem avea o voință liberă? Iar dacă nu o avem, cum putem fi făcuți răspunzători pentru acțiunile noastre? Nu poate fi vinovat cineva care a fost predestinat să jefuiască o bancă. Așadar, cum poate fi acesta pedepsit pentru fapta sa?

În vremurile noastre, argumentul determinismului s-a bazat pe știință. Se pare că există legi bine definite care guvernează modul în care universul și tot ceea ce conține el evoluează în timp. Deși nu am găsit încă forma exactă a tuturor legilor, noi știm deja destul cât să determinăm ce se întâmplă în toate cazurile, cu excepția celor mai extreme situații. Dacă vom găsi în viitorul apropiat legile rămase până acum necunoscute, aceasta este o chestiune de opinie. Eu sunt un optimist: cred că există o șansă de cincizeci la sută să le găsim în următorii douăzeci de ani, dar, chiar dacă nu le găsim, argumentele nu se schimbă. Argumentul principal este că trebuie să existe un set de

---

* Lecție ținută la seminarul Clubului Sigma de la Universitatea din Cambridge, în aprilie 1990.

legi care determină complet evoluția universului pornind de la starea sa inițială. Aceste legi au fost ordonate de Dumnezeu. Se pare că El (sau Ea) nu intervine în univers ca să încalce legile.

Configurația inițială a universului a putut fi ori aleasă de Dumnezeu, ori determinată de înseși legile științei. În ambele cazuri, s-ar părea că totul în univers ar fi determinat de evoluția conformă cu legile științei, astfel că e dificil de văzut cum putem fi stăpânii soartei noastre.

Ideea existenței unei mari teorii unificate care determină totul în univers întâmpină mari dificultăți. Înainte de toate, marea teorie unificată este, ca idee, compactă și elegantă în termeni matematici. Teoria despre orice trebuie să fie ceva deosebit și în același timp foarte simplu. Și totuși, cum se poate ca un anumit număr de ecuații să descrie toată complexitatea și detaliile banale prezente în jurul nostru? Este de crezut cu adevărat că marea teorie unificată a determinat până și ordinea hitului din săptămâna aceasta, cu Sinead O'Connor pe locul unu, sau faptul că Madonna va figura pe coperta revistei *Cosmopolitan*?

A doua problemă legată de ideea predeterminării tuturor lucrurilor de o mare teorie unificată ar fi că orice afirmăm noi este, de asemenea, predeterminat de aceeași teorie. Dar de ce trebuie ea neapărat determinată astfel încât să fie corectă? Nu este oare mai probabil ca teoria să fie greșită, deoarece, pentru fiecare dintre afirmațiile corecte există mai multe afirmații incorecte posibile? În fiecare săptămână primesc prin poștă un număr de teorii pe care mi le trimit oamenii. Toate sunt diferite între ele și reciproc incompatibile. Și totuși, ca ipoteză, marea teorie unificată i-a determinat pe autori să creadă că au dreptate. Atunci de ce ar trebui să fie mai aproape de adevăr afirmațiile mele? N-au fost și ele determinate tot de marea teorie unificată?

A treia problemă legată de ideea predeterminării totale este că noi simțim existența liberului arbitru — a libertății

de a alege dacă să facem sau nu un anumit lucru. Dar dacă totul este predeterminat de legile științei, atunci libertatea de a alege trebuie să fie o iluzie, iar dacă nu avem libertatea alegerii, atunci pe ce se bazează responsabilitatea acțiunilor noastre? Bolnavii mintal nu sunt pedepsiți pentru crimele lor, deoarece s-a decis că ei nu sunt capabili de alegere. Dar dacă noi suntem predeterminați de marea teorie unificată, nimeni nu este capabil să aleagă, așadar, de ce ar trebui făcut cineva responsabil pentru ceea ce face?

Aceste probleme ale predeterminării au fost discutate de secole. Discuția a fost totuși oarecum academică, deoarece ne aflam departe de cunoașterea completă a legilor științei și nu știam nici cum au fost determinate condițiile inițiale ale universului. Problema a devenit mult mai urgentă acum, deoarece există posibilitatea ca să găsim o teorie complet unificată în următorii douăzeci de ani. Și înțelegem că starea inițială a putut fi ea însăși fixată de legile științei. Cele ce urmează reprezintă încercarea mea personală de a rezolva aceste probleme. Nu pretind ca aș fi foarte original sau profund, dar acesta este lucrul cel mai bun pe care îl pot face pe moment.

Ca să încep cu prima problemă, voi pune întrebarea: Cum poate o teorie relativ simplă și compactă să dea naștere unui univers atât de complex ca acela pe care îl vedem astăzi, cu toate detaliile sale banale și lipsite de importanță? Cheia problemei este principiul de incertitudine din mecanica cuantică, după care nu se pot măsura simultan, cu mare precizie, poziția și viteza unei particule. Cu cât mai precis se măsoară poziția, cu atât mai puțin precis se poate măsura viteza și viceversa. Această incertitudine nu este atât de importantă în momentul actual, când lucrurile sunt departe unele de altele, astfel încât o mică incertitudine în poziție nu introduce o mare diferență. Dar în universul foarte timpuriu, totul era foarte strâns, particulă lângă particulă, astfel exista o foarte mare incertitudine și deci era un anumit număr de stări posibile pentru univers, diferite

între ele. Aceste stări timpurii posibile ale universului au evoluat într-o întreagă familie de istorii diferite ale universului. Cele mai multe istorii ar fi destul de asemănătoare în privința caracteristicilor lor la scară mare. Istoriile corespund unui univers care a fost uniform, neted și în proces de expansiune. Totuși, aceste istorii vor diferi între ele prin detalii cum ar fi distribuția stelelor, și chiar mai mult, prin copertele revistelor. (În cazul în care istoriile conțin reviste.) Așadar, complexitatea universului din jurul nostru și detaliile sale provin din principiul de incertitudine din stadiile inițiale. Acest fapt dă naștere unei întregi familii de istorii posibile ale universului. Ar exista și o istorie în care naziștii au învins în cel de-al doilea război mondial, deși probabilitatea este mică. Noi se întâmplă să trăim într-o istorie în care aliații au câștigat războiul și în care Madonna se află pe coperta *Cosmopolitanului*.

Ajung acum la cea de-a doua problemă: Dacă tot ceea ce facem este determinat de o teorie a marii unificări, de ce teoria determină ca noi să tragem mai degrabă concluzii corecte despre univers decât concluzii false? De ce trebuie ca spusele noastre să aibă vreun fel de valoare? Răspunsul meu se bazează pe ideea selecției naturale a lui Darwin. Admit că pe pământ a apărut în mod spontan o formă primitivă de viață dintr-o combinație întâmplătoare de atomi. Această formă timpurie de viață a fost probabil o moleculă mare. Probabil că această moleculă n-a fost însă un ADN, deoarece șansele alcătuirii unei molecule întregi de ADN prin combinații întâmplătoare sunt mici.

Forma primitivă de viață a trebuit să se reproducă. Principiul de incertitudine și mișcările termice întâmplătoare ale atomilor au dat naștere unui număr de erori la reproducere. Cele mai multe erori au fost fatale pentru organismele respective: ele fie n-au supraviețuit, fie nu s-au putut reproduce. Astfel de erori nu au putut fi transmise generațiilor următoare, ci au dispărut. Din pură întâmplare,

câteva erori au fost benefice. Organismele purtătoare ale acestor erori au fost favorizate supraviețuind și reproducându-se. Astfel, ele au avut tendința de a înlocui organismele inițiale neîmbunătățite.

Dezvoltartea structurii dublei elici a ADN-ului poate fi o astfel de îmbunătățire din fazele timpurii. Aceasta a reprezentat, probabil, un asemenea progres încât s-a produs înlocuirea tuturor formelor anterioare de viață, oricare au putut fi ele. Treptat, pe măsura continuării evoluției, s-a ajuns la dezvoltarea sistemului nervos central. Creaturile care recunoșteau în mod corect informațiile din datele obținute de organele lor de simț, și care acționau în mod adecvat, au avut mai multe șanse să supraviețuiască și să se reproducă. Rasa umană a ridicat evoluția pe o nouă treaptă. Noi semănăm foarte mult cu maimuțele superioare și în ceea ce privește corpurile, și în ceea ce privește ADN-ul, dar o mică schimbare în ADN-ul nostru ne-a permis să dezvoltăm limbajul. Aceasta înseamnă că noi am putut transmite informațiile și experiența acumulată din generație în generație, în formă orală și, apoi, în formă scrisă. În fazele precedente, rezultatele experienței puteau fi transmise numai prin procesul lent de codificare în ADN, prin intermediul erorilor întâmplătoare din reproducere. Efectul a fost o accelerare dramatică a evoluției. Pentru ca evoluția să ajungă la rasa umană, au trebuit trei miliarde de ani. În cursul ultimilor zece mii de ani, noi am dezvoltat limbajul scris. Acest fapt ne-a permis să progresăm de la faza troglodită la punctul în care ne putem întreba despre teoria finală a universului.

În ultimii zece mii de ani nu s-a produs nici o evoluție biologică semnificativă sau vreo modificare a ADN-ului uman. Așadar, inteligența noastră, capacitatea noastră de a trage concluzii corecte din informațiile oferite de organele noastre de simț trebuie să dateze încă din timpul în care se locuia în caverne, sau chiar de mai înainte. Selecția a avut loc pe baza capacității noastre de a ucide anumite

animale pentru hrană și de a evita să fim uciși de altele. Este remarcabil că însușirile mentale selectate pentru aceste scopuri ne-au fost de tot atât folos și în circumstanțe foarte diferite, ca acelea din zilele noastre. Nu există, probabil, prea multe avantaje de câștigat pentru supraviețuire din descoperirea marii teorii unificate, sau din răspunsul la întrebările legate de determinism. Și totuși, inteligența pe care am dezvoltat-o pentru alte scopuri poate foarte bine asigura obținerea unor răspunsuri corecte la aceste probleme.

Am ajuns acum la cea de-a treia problemă: aceea a liberului arbitru și a responsabilității față de propriile acțiuni. Noi simțim în mod subiectiv că avem capacitatea de a alege ce suntem și ce facem. Dar aceasta poate fi doar o iluzie. Unii cred că sunt Isus Cristos, sau Napoleon, dar nu pot avea toți dreptate. Avem nevoie de un test obiectiv, la care putem apela din afară pentru a distinge dacă un organism are voință proprie. Să presupunem, de exemplu, că suntem vizitați de un „omuleț verde" de pe altă stea. Cum putem decide dacă el are liber arbitru sau dacă este un simplu robot, programat să răspundă ca și când ar fi asemănător cu noi?

Testul obiectiv final al liberului arbitru ar putea fi bazat pe întrebarea dacă se poate prezice comportarea organismului. Dacă răspunsul este afirmativ, este clar că acesta nu are voință proprie, ci este predeterminat. Pe de altă parte, dacă nu i se poate prevedea comportarea, acest fapt ar constitui o definiție operațională că organismul are liber arbitru.

Se poate obiecta împotriva acestei definiții a liberului arbitru pornind de la faptul că, odată ce vom găsi o teorie complet unificată, vom fi capabili să prezicem ce vor face oamenii. Creierul uman este totuși supus principiului incertitudinii. Există așadar un element de imprevizibil în comportarea umană, asociat cu mecanica cuantică. Dar energiile implicate de procesele din creier sunt joase, astfel

că incertitudinea de natură cuantică produce numai un efect foarte mic. Motivul real pentru care nu putem prezice comportarea umană este caracterul ei foarte complicat. Pur și simplu este greu de făcut așa ceva. Noi cunoaștem deja legile fizice de bază care guvernează activitatea creierului și acestea sunt relativ simple. Este în schimb foarte dificil de rezolvat ecuațiile în care sunt implicate mai multe particule. Chiar și pentru teoria mai simplă a gravitației newtoniene, putem rezolva exact ecuațiile numai pentru cazul a două particule. Pentru trei sau patru particule, trebuie apelat la aproximații, iar dificultățile cresc rapid odată cu numărul de particule. Creierul uman conține un număr de circa 10^{26} de particule, adică un număr de o sută de milioane de miliarde de miliarde. Ele sunt mult prea multe pentru a rezolva vreodată ecuațiile și a prezice modul în care va reacționa creierul, pornind de la starea sa inițială și de la datele nervilor care sunt racordați la acesta. În realitate, noi nici nu putem măsura starea inițială, deoarece, pentru aceasta, ar trebui să desfacem creierul în componentele sale. Chiar dacă am fi pregătiți să facem așa ceva, ar fi prea multe particule de înregistrat. De asemenea, creierul este probabil foarte sensibil față de starea sa inițială — o mică schimbare în aceasta putând să producă o schimbare foarte mare în comportarea sa ulterioară. Deși cunoaștem ecuațiile fundamentale care guvernează creierul, suntem complet incapabili să le folosim pentru a prezice comportarea umană.

Această situație apare în știință ori de câte ori avem de-a face cu un sistem macroscopic, deoarece numărul particulelor este totdeauna prea mare pentru ca să avem vreo șansă de a rezolva ecuațiile fundamentale. Ce facem în locul rezolvării este să apelăm la teorii efective. Acestea sunt aproximații în care numărul foarte mare de particule se înlocuiește cu câteva cantități. Un exemplu este mecanica fluidelor. Un lichid ca apa este alcătuit din miliarde de miliarde de molecule care, la rândul lor, sunt alcătuite

din electroni, protoni și neutroni. Tratarea apei ca pe un mediu continuu, caracterizat numai prin viteză, densitate și temperatură constituie totuși o bună aproximație. Prezicerile oferite de teoria efectivă a mecanicii fluidelor nu sunt exacte — este suficient în acest sens să ascultăm buletinele meteorologice — dar sunt destul de bune pentru proiectarea vapoarelor sau a conductelor de petrol.

Aș dori să sugerez că noțiunea de liber arbitru și de responsabilitate morală pentru acțiunile noastre constituie părți ale unei adevărate teorii efective în sensul mecanicii fluidelor. S-ar putea ca tot ceea ce facem să fie determinat de o mare teorie unificată. Dacă o astfel de teorie a stabilit că vom muri spânzurați, atunci nu ne vom îneca. Dar va trebui să fiți teribil de sigur că sunteți destinat ștreangului pentru a vă aventura pe mare cu o bărcuță pe timp de furtună. Am observat că până și oamenii care pretind că totul este predestinat și că nu putem face nimic pentru a ne schimba soarta se uită bine înainte de a trece strada. Poate că lucrurile stau chiar așa pentru că cei care nu sunt atenți când trec strada nu supraviețuiesc pentru a-și spune povestea. Comportamentul cuiva nu se poate baza pe ideea că totul a fost predeterminat, deoarece nu se știe ce anume a fost predeterminat. În loc de aceasta, trebuie adoptată teoria efectivă că există liber arbitru și că fiecare este responsabil pentru acțiunile proprii. Această teorie nu este foarte bună pentru a prezice comportamentul uman, dar o adoptăm deoarece nu avem șanse să rezolvăm ecuațiile care rezultă din legile fundamentale. Mai este și un motiv darwinian pentru care credem în liberul arbitru. Societatea în care indivizii se simt responsabili pentru acțiunile lor personale este mai receptivă la activitățile comune și poate mai bine să supraviețuiască, răspândindu-și astfel valorile. Desigur, și furnicile lucrează bine împreună. Dar o astfel de societate este statică. Ea nu poate răspunde la evenimentele neobișnuite și nici nu poate folosi ocaziile nou apărute. Un grup de indivizi liberi care împărtășesc

o serie de interese reciproce poate colabora în vederea obiectivelor comune și poate avea totuși destulă flexibilitate pentru inovații. În acest fel, o societate prosperă mai ușor și își răspândește sistemul de valori.

Conceptul de liber arbitru aparține unui alt domeniu decât acela al legilor fundamentale ale științei. Dacă se încearcă deducerea comportării umane din legile științei, se cade în paradoxul sistemelor autodefinite. Dacă ceea ce face un individ poate fi dedus din legile fundamentale, atunci faptul însuși de a face predicția va putea modifica ceea ce se va întâmpla. Acestea sunt problemele cu care se poate confrunta cineva dacă voiajul în viitor ar fi posibil, ceea ce eu nu cred că se va întâmpla vreodată. Dacă ai ști ce se va întâmpla în viitor, ai putea schimba evenimentele. Dacă ai ști ce cal va câștiga Marele Premiu, ai putea face avere pariind pe învingător. Dar această acțiune ar schimba cursul pariurilor. Pentru a înțelege ce probleme pot să apară, trebuie văzut filmul *Înapoi spre viitor*.

Acest paradox despre capacitatea de a prezice acțiunile cuiva este strict legat de problema menționată anterior: determină teoria finală până și faptul că noi vom ajunge la concluzii corecte privind teoria finală? În acest caz am argumentat că ideea lui Darwin privind selecția naturală ne va conduce la un răspuns corect. Poate că răspunsul corect nu este descrierea adevărată, dar selecția naturală ne va conduce cel puțin la un set de legi fizice care funcționează destul de bine. Nu putem aplica totuși legile fizice la deducerea comportamentului uman și aceasta din două motive. Mai întâi, nu putem rezolva ecuațiile. Apoi, chiar dacă le-am putea rezolva, faptul de a efectua predicția ar perturba sistemul. În loc de toate acestea, selecția naturală pare să ne conducă spre adoptarea unei teorii efective a liberului arbitru. Dacă se acceptă că persoana își poate alege liber acțiunile, atunci nu putem argumenta că în anumite cazuri ea poate fi determinată de forțe exterioare. Conceptul de „voință aproape liberă" nu

are sens. Oamenii tind să confunde faptul că se poate ghici care comportare este mai probabil să fie aleasă de un individ, cu ideea că alegerea lui nu este liberă. Eu prevăd că cei mai mulți dintre dumneavoastră vor mânca în această seară, dar dumneavoastră sunteți liberi să alegeți să vă duceți la culcare cu stomacul gol. Un exemplu de astfel de confuzie este doctrina responsabilității limitate — ideea că persoanele care au comis acte antisociale sub o stare de stres nu trebuie pedepsite pentru acțiunile lor. Este posibil ca cineva să fie mai susceptibil de a comite un act antisocial sub imperiul stresului. Dar asta nu înseamnă că, prin micșorarea pedepsei, ar trebui să facem încă mai probabilă comiterea actului antisocial.

Investigarea legilor fundamentale ale științei și studiul comportamentului uman trebuie lăsate în compartimente separate. Din motive pe care le-am explicat, legile fundamentale nu pot fi folosite pentru a deduce comportamentul oamenilor. Putem spera în schimb să folosim și inteligența și puterea gândirii logice pe care ni le-am dezvoltat de-a lungul selecției naturale. Din nefericire, selecția naturală a dezvoltat și astfel de caracteristici ca agresivitatea. Agresivitatea a putut oferi un avantaj pentru supraviețuire în timpul locuirii în peșteri, sau mai înainte de aceasta, și a fost astfel favorizată de selecția naturală. Creșterea teribilă a puterii noastre distructive, produsă de știința și tehnologia din timpurile moderne, a transformat agresivitatea într-o însușire foarte periculoasă care amenință supraviețuirea întregii rase umane. Necazul este că agresivitatea pare înscrisă în ADN-ul nostru. ADN-ul se schimbă prin evoluție biologică numai la o scară a timpului de milioane de ani, dar puterea noastră de distrugere crește la o scară de timp dată de evoluția informației, care este astăzi de numai douăzeci sau treizeci de ani. Rasa umană nu prea are șanse de supraviețuire, dacă nu ne folosim inteligența pentru a ține agresiunea sub control. Dacă vom reuși să supraviețuim în următorii o sută de ani, ne vom fi răspândit

pe alte planete și, posibil, pe alte stele. Astfel va fi mai puțin posibil ca întreaga rasă umană să fie distrusă de o calamitate ca războiul nuclear.

Să recapitulăm: Am discutat aici despre câteva probleme care se pun dacă se consideră că totul în univers este predeterminat. Nu are prea mare importanță dacă acest determinism este datorat unui Dumnezeu atotputernic, sau legilor științei. Într-adevăr, se poate afirma totdeauna că legile științei sunt expresia voinței Domnului.

Am luat în considerare trei probleme. Prima: Cum pot fi determinate complexitatea universului și toate detaliile banale de un simplu set de ecuații? Ca o alternativă, putem crede cu adevărat că Dumnezeu a ales toate amănuntele mărunte cum ar fi conținutul copertei *Cosmopolitanului*? Răspunsul pare să fie dat de principiul incertitudinii din mecanica cuantică, a cărui interpretare arată că nu poate exista o singură istorie a universului, ci o întreagă familie de universuri posibile. Aceste istorii pot fi asemănătoare la o scară foarte mare, dar ele diferă mult la scara normală, zilnică. Se întâmplă să trăim într-o istorie particulară, care are anumite proprietăți și detalii. Dar există ființe inteligente foarte asemănătoare cu noi, care trăiesc în istorii care diferă prin detalii cum ar fi cine a câștigat războiul și cine conduce în topul muzicii pop. Așadar, detaliile banale ale universului nostru apar datorită faptului că legile fundamentale încorporează mecanica cuantică împreună cu elementele ei de incertitudine și cu caracter aleator.

A doua întrebare a fost: Dacă totul este predeterminat de o anumită teorie fundamentală, atunci și ceea ce afirmăm noi despre această teorie trebuie să fie predeterminat de teoria însăși — și de ce oare lucrurile sunt aranjate astfel încât afirmațiile noastre să fie corecte și nu total incorecte sau irelevante. Răspunsul meu a apelat la teoria selecției naturale a lui Darwin. Numai indivizii care trag concluzii corecte despre lumea din jurul lor sunt capabili să supraviețuiască și să se reproducă.

A treia întrebare: Dacă totul este predeterminat, ce se întâmplă cu liberul nostru arbitru și cu responsabilitatea pentru acțiunile noastre? Singurul test obiectiv privind liberul arbitru al unui organism este stabilirea măsurii în care comportarea sa este previzibilă. În cazul ființelor umane, suntem incapabili să le prevedem comportarea folosind legile fundamentale, iar aceasta din două motive. Mai întâi, nu putem rezolva ecuațiile atunci când ele implică un număr mare de particule. Apoi, chiar dacă am rezolva aceste ecuații, faptul de a efectua o predicție ar perturba sistemul și ar provoca un alt deznodământ. Așadar, cum nu putem prezice comportarea oamenilor, putem adopta foarte bine teoria efectivă potrivit căreia oamenii sunt liberi să-și aleagă acțiunile. Se pare că există avantaje clare pentru supraviețuire oferite de credința în liberul arbitru și în responsabilitatea pentru propriile acțiuni. Aceasta înseamnă că încrederea în valorile amintite este întărită prin selecție naturală. Rămâne de văzut în ce măsură sensul responsabilității transmis prin limbaj este suficient pentru a controla instinctul agresivității transmis prin ADN. În caz negativ, rasa umană va constitui una dintre fundăturile selecției naturale. Poate că o rasă de ființe inteligente dintr-o altă parte a galaxiei va atinge un mai bun echilibru între responsabilitate și agresivitate. Dacă aceasta este situația, atunci ne putem aștepta să fim noi cei contactați, sau cel puțin să le detectăm semnalele radio. Poate că ei știu de existența noastră, dar nu doresc să ne-o reveleze pe-a lor. Ținând seamă de istoria noastră, măsura lor poate fi înțeleaptă.

În încheiere, să ne reamintim că titlul acestui eseu constă într-o întrebare: Este totul predeterminat? Putem răspunde pozitiv. Totul este predeterminat. Dar și răspunsul negativ este posibil, deoarece s-ar putea să nu știm niciodată în ce constă predeterminarea.

13

VIITORUL UNIVERSULUI*

Subiectul acestui eseu este viitorul universului sau, mai degrabă, ceea ce cred oamenii de știință că va fi viitorul. Desigur că prezicerea viitorului este foarte dificilă. M-am gândit odată să scriu o carte intitulată *Ziua de mâine a zilei de ieri: O istorie a viitorului*. Ar fi fost o istorie a predicțiilor viitorului, care au nimerit aproape toate foarte departe de țintă. Dar, în pofida acestor eșecuri, oamenii de știință încă mai cred că pot prezice viitorul.

În timpurile vechi, de prezicerea viitorului se ocupau oracolele și sibilele. Acestea din urmă erau deseori femei, care puteau cădea în transă cu ajutorul vreunui drog, sau inhalând emanațiile fumarolelor vulcanice. Delirul lor era interpretat apoi de preoții care le asistau. Adevăratul talent consta în interpretare. Faimosul oracol din Delfi, din vechea Grecie, era vestit pentru răspunsurile sale echivoce sau ambigue. Atunci când spartanii l-au întrebat ce se va întâmpla dacă perșii vor ataca Grecia, oracolul a răspuns că ori Sparta va fi distrusă, ori regele ei va fi ucis. Presupun că preoții și-au făcut socoteala cam așa: dacă nici una dintre aceste variante nu s-ar fi adeverit, spartanii ar fi fost atât de recunoscători lui Apollo, încât i-ar fi trecut cu vederea oracolului greșeala. În realitate, regele a fost ucis în luptele de apărare de la Termopile, în decursul bătăliei care

* Lecție Darwin ținută la Universitatea din Cambridge în ianuarie 1991.

a salvat Sparta și care a dus până la urmă la înfrângerea perșilor.

Într-o altă ocazie, Cresus, regele Lidiei, cel mai bogat om din lume, a întrebat ce se va întâmpla dacă va invada Persia. Răspunsul primit a fost că va cădea un mare regat. Cresus a considerat că regatul în chestiune va fi cel persan, dar cel care a căzut a fost propriul său regat. El însuși a sfârșit ars de viu pe rug.

Profeții recenți ai sfârșitului lumii au fost ceva mai dispuși să-și frângă gâtul fixând date precise pentru apocalips. Ei au încercat chiar să deprecieze bursa, deși mă intrigă de ce sfârșitul lumii ar trebui să-i facă pe unii să-și vândă acțiunile. Este de presupus că nici bani nu poți să iei cu tine pe lumea cealaltă.

Până acum, toate aceste date alese pentru sfârșitul lumii au trecut fără incidente. Profeții au oferit însă deseori explicații pentru eșecul lor aparent. De exemplu, William Miller, fondatorul cultului adventist de ziua a șaptea, a prezis că a doua venire a lui Cristos se va petrece între 21 martie 1843 și 21 martie 1844. După ce timp de un an nu s-a întâmplat nimic, data a fost revizuită la 22 octombrie 1844. Când și noua dată a trecut fără incidente, a fost avansată o nouă interpretare. Conform acesteia, anul 1844 a fost totuși începutul celei de-a doua veniri, dar mai întâi trebuie numărate numele din Cartea vieții. Numai atunci va veni Judecata de Apoi, dar numai pentru cei al căror nume nu e trecut în carte. Din fericire, numărătoarea pare să ia mult timp.

Desigur că predicțiile științifice pot să nu fie mai fiabile decât ale oracolelor sau profeților. Este destul să ne gândim la buletinele meteorologice. Dar există anumite ocazii în care putem face predicții rezonabile, iar viitorul universului la scară foarte mare este un astfel de caz.

În ultimii trei sute de ani, noi am descoperit legile științifice care guvernează materia în toate situațiile normale. Nu știm încă exact legile care guvernează materia în condiții

extreme. Aceste legi sunt foarte importante pentru înțelegerea modului în care a apărut universul, dar ele nu afectează evoluția viitoare a universului, în afară de cazul — și până când — universul recolapsează într-o stare de mare densitate. O măsură a influenței reduse pe care o au legile amintite asupra universului este și faptul că noi trebuie să cheltuim acum sume mari de bani pentru construirea acceleratorilor uriași de particule cu scopul de a testa teoriile.

Chiar dacă am putea cunoaște legile relevante care guvernează universul, s-ar putea să nu fim capabili să le folosim pentru a prezice viitorul îndepărtat. Motivul este legat de acea proprietate a soluțiilor ecuațiilor fizicii numită comportare haotică. Ea se manifestă prin instabilitatea ecuațiilor. Modificarea minoră a stării sistemului la un moment dat poate duce curând la o comportare complet diferită. De exemplu, dacă modifici ușor modul în care învârtești roata ruletei, modifici totodată numărul care iese. Este practic imposibil să prezici numărul câștigător, altfel fizicienii ar face avere la cazinouri.

Sistemele instabile și haotice sunt caracterizate de mărimea scării de timp după care o schimbare în starea inițială trece într-o schimbare de două ori mai mare. În cazul atmosferei terestre, această scară este de cinci zile, adică aproximativ timpul necesar aerului pentru a se deplasa în jurul pământului. Prevederea rezonabilă a timpului poate fi deci făcută pentru perioade de până la cinci zile. Prezicerea timpului pentru o perioadă mult mai extinsă ar impune și o cunoaștere mult mai precisă a stării actuale a atmosferei, *și* calcule imposibil de complicate. Pentru a prezice timpul probabil pe șase luni înainte nu există o altă cale decât estimarea mediilor sezonale.

Cunoaștem de asemenea legile de bază care guvernează chimia și biologia. În principiu, ar fi trebuit să fim deci capabili de a determina modul în care lucrează creierul. Dar ecuațiile care guvernează creierul au aproape cu siguranță un caracter haotic, astfel că o mică schimbare în starea

inițială poate duce la un rezultat foarte diferit. Așadar, în practică, nu putem prevedea comportarea umană, chiar dacă știm ecuațiile care o guvernează. Știința nu poate să prevadă viitorul societății umane și nici măcar dacă aceasta va avea vreun viitor. Capacitatea noastră de a provoca daune mediului înconjurător, sau chiar de a-l distruge, crește mult mai rapid decât înțelepciunea noastră de a o folosi. Acesta este pericolul.

Orice s-ar întâmpla pe pământ, restul universului va merge indiferent înainte. Se pare că, în ultimă instanță, mișcarea planetelor în jurul soarelui este haotică, deși la o scară foarte mare de timp. Aceasta înseamnă că erorile tuturor previziunilor cresc cu timpul. După un anumit timp, devine imposibil să se prezică detaliat mișcarea. Putem fi destul de siguri că pământul nu va avea o întâlnire apropiată cu planeta Venus pentru mult timp de acum înainte, dar nu putem fi siguri că mici perturbații ale orbitei nu se vor aduna așa încât să producă o astfel de întâlnire peste un miliard de ani. Mișcările soarelui și ale altor stele în jurul galaxiei și ale galaxiei în grupul local de galaxii sunt de asemenea haotice.

Observațiile arată că celelalte galaxii se depărtează de noi. Cu cât acestea sunt mai depărtate de noi, cu atât se mișcă mai repede. Faptul înseamnă că universul se extinde peste tot în jurul nostru: distanța dintre galaxii crește cu timpul.

Expansiunea universului este uniformă și nu haotică, iar dovada în acest sens este furnizată de o radiație de fond din gama microundelor, pe care o observăm venind din spațiul extern. Dumneavoastră înșivă puteți constata această radiație, mutând televizorul pe un canal nefolosit. Un mic procent din petele pe care le vedeți pe ecran este cauzat de microundele venite de dincolo de sistemul solar. Este vorba despre același tip de unde pe care le aveți în cuptorul cu microunde, numai că mult mai slabe. Ele ar putea încălzi alimentele până la temperatura de 2,7 grade

deasupra lui zero absolut, astfel că nu v-ar prea fi de folos pentru încălzirea pizzei luate pentru acasă. Se consideră că această radiație este rămășița unui stadiu anterior fierbinte al universului. Dar detaliul cel mai remarcabil este uniformitatea radiației, care vine aproape la fel din toate direcțiile. Ea a fost măsurată foarte precis de satelitul Cosmic Background Explorer (Exploratorul fondului cosmic). O hartă a cerului cu observațiile satelitului ar prezenta diverse temperaturi ale radiației. Ele sunt diferite după diferite direcții, dar variațiile sunt foarte mici, de numai o parte la o sută de mii. Anumite diferențe între microundele venite din diferite direcții trebuie să existe, deoarece universul nu este complet uniform; există neregularități locale, cum ar fi stelele, galaxiile și roiurile de galaxii. Dar variațiile fondului de microunde sunt atât de mici cât pot fi ele pentru a rămâne compatibile cu neregularitățile locale observate. Într-o proporție de 99 999 la 100 000, fondul de microunde este același în toate direcțiile.

În trecut oamenii credeau că pământul este centrul universului. De aceea n-ar fi fost surprinși să afle că fondul de microunde este același în toate direcțiile. Din epoca lui Copernic, noi am fost însă retrogradați pe o planetă minoră, rotindu-se în jurul unei stele mijlocii din marginea exterioară a unei galaxii tipice care este numai una dintre cele o sută de miliarde de galaxii pe care le putem vedea. Suntem acum atât de modești, încât nu putem pretinde nici un fel de poziție specială în univers. Trebuie prin urmare să admitem că și în celelalte galaxii fondul este de asemenea același în orice direcție. Această situație este posibilă numai dacă densitatea medie a universului și rata sa de expansiune sunt aceleași peste tot. Orice variație a densității medii, sau a vitezei de expansiune în regiuni extinse ale universului, ar face ca fondul de microunde să fie diferit după direcții diferite. Aceasta înseamnă că, la o scară foarte mare, comportarea universului este simplă și nu haotică. Ea poate fi deci prezisă pentru un viitor îndepărtat.

Deoarece expansiunea universului este atât de uniformă, ea poate fi descrisă cu ajutorul unui singur număr — distanța dintre două galaxii. Această distanță este în creștere în momentul de față, dar se așteaptă ca atracția gravitațională dintre diferitele galaxii să încetinească viteza de expansiune. Dacă densitatea universului este mai mare decât o anumită valoare critică, atracția gravitațională va opri în cele din urmă expansiunea și va face ca universul să înceapă o mișcare de contracție. Universul își va continua colapsul până la o sfărâmare totală (big crunch). Aceasta va fi aidoma big bang-ului de la începutul universului. Colapsul final va fi o singularitate, adică o stare cu densitate infinită, în care legile fizicii nu vor mai fi valabile. Chiar dacă după marele colaps se vor mai produce evenimente, inexistența legilor face predicția lor imposibilă. Fără vreo legătură cauzală între evenimente, nu există nici o cale logică de a stabili că un eveniment s-a petrecut după un alt eveniment. Se poate la fel de bine afirma că universul nostru a ajuns la capătul existenței sale odată cu marea prăbușire și că orice eveniment petrecut „după" acest moment face parte dintr-un alt univers, separat de primul. Ar fi ca o reîncarnare. Ce sens poate avea pretenția că un prunc este același cu cineva care a murit, dacă nou-născutul nu moștenește nici o caracteristică sau amintire din viața sa anterioară? Se poate spune la fel de bine că este vorba despre o persoană diferită.

Dacă densitatea medie a universului este mai mică decât valoarea critică, universul nu va colapsa, ci se va extinde veșnic. După un anumit timp, densitatea lui va deveni atât de mică, încât atracția gravitațională nu va mai avea nici un efect semnificativ asupra vitezei sale de expansiune. Galaxiile vor continua deci să se depărteze una de cealaltă cu o viteză constantă.

Așadar, întrebarea crucială pentru viitorul universului este ce valoare are densitatea medie? Dacă ea este mai mică decât valoarea critică, universul se va extinde la nesfârșit.

Dar dacă ea este mai mare, universul va colapsa, iar timpul însuși va avea un sfârșit la marea prăbușire. Chiar în această situație, eu am anumite avantaje față de profeții sfârșitului lumii. Chiar dacă ar fi să colapseze, eu pot prezice cu toată încrederea că universul nu se va opri din expansiune timp de cel puțin zece miliarde de ani. Și nu mă aștept să fiu de față ca să-mi fie dovedită greșeala.

Putem încerca estimarea densității medii a universului prin observații. Dacă numărăm stelele pe care le vedem și le adunăm masele, găsim mai puțin decât un procent din masa critică. Chiar dacă mai adăugăm masa norilor de gaz pe care îi observăm în univers, ajungem la un total de până la un procent din valoarea critică. Totuși, mai știm că universul trebuie să conțină și așa-numita materie neagră, pe care nu o putem observa direct. O dovadă a existenței acestei materii negre vine de la galaxiile spirale. Ele sunt îngrămădiri enorme de stele și de gaze având forma de clătită. Se evidențiază prin observații că galaxiile de acest fel se rotesc în jurul propriilor centre. Viteza lor de rotație este destul de mare pentru a le împrăștia dacă ele ar conține doar stelele și gazul pe care le vedem. Trebuie să mai existe deci o formă invizibilă de materie a cărei forță de atracție gravitațională să fie destul de mare pentru a menține coeziunea galaxiilor rotitoare.

O altă dovadă în favoarea materiei negre vine de la roiurile de galaxii. Vedem pe cer că galaxiile nu sunt răspândite uniform în spațiu: ele sunt îngrămădite în roiuri care numără de la câteva galaxii la câteva milioane. Este de presupus că aceste roiuri se formează deoarece galaxiile se atrag unele pe altele în grupuri. Putem măsura vitezele cu care se mișcă galaxiile individuale din aceste roiuri. Vitezele respective sunt atât de mari încât roiurile ar trebui să se destrame dacă n-ar fi ținute laolaltă de atracția gravitațională. Masa necesară este considerabil mai mare decât masa totală a galaxiilor. Situația rămâne aceeași chiar dacă atribuim galaxiilor mase egale cu cele necesare pentru a

le ține la un loc pe fiecare dintre ele în timp ce se rotesc în jurul lor însele. Rezultă de aici că în roiurile de galaxii trebuie să existe materie neagră suplimentară aflată în afara galaxiilor vizibile.

Se poate face o estimare destul de sigură a cantității de materie neagră din aceste galaxii și roiuri pentru existența cărora avem dovezi clare. Dar această estimare este încă de numai zece la sută din densitatea critică necesară pentru a produce colapsul universului. Astfel, dacă ne bazăm numai pe dovezile observaționale, putem prezice că universul își va continua la nesfârșit expansiunea. După circa cinci miliarde de ani, soarele își va epuiza combustibilul nuclear. El se va dilata până la dimensiunile unei așa-numite gigante roșii, până ce va înghiți pământul și celelalte planete apropiate. Apoi, soarele se va restrânge la câteva mii de mile diametru, devenind o pitică albă. Prezic deci sfârșitul lumii, dar nu imediat. Și nu cred că predicția mea va deprecia prea mult valorile la bursă. Sunt două–trei probleme mai urgente la orizont. Oricum, atunci când soarele va exploda, noi vom fi stăpânit deja arta călătoriilor interstelare, dar aceasta numai dacă între timp nu ne vom fi autodistrus.

După circa zece miliarde de ani, cele mai multe stele din univers se vor stinge. Stelele cu masa ca aceea a soarelui vor deveni fie pitice albe, fie stele neutronice, care sunt chiar mai mici și mai dense decât piticele albe. Stelele cu masa mai mare pot deveni găuri negre, care sunt și mai mici și au un câmp gravitațional puternic din care nici un fel de lumină nu poate scăpa. Aceste relicve vor continua totuși să dea ocol centrului galaxiei noastre o dată la fiecare o sută de milioane de ani. Întâlniri apropiate între aceste relicve vor face ca unele dintre ele să fie aruncate afară din galaxie. Cele rămase vor coborî pe orbite mai apropiate de centru și în cele din urmă se vor uni pentru a forma o gaură neagră gigantică în centrul galaxiei. Orice ar fi materia neagră din galaxii, se așteaptă ca și ea să cadă în aceste găuri negre foarte mari.

Poate fi deci presupus că cea mai mare parte din materia din galaxii și din roiuri va sfârși în cele din urmă în găurile negre. Cu un timp în urmă, eu am descoperit că găurile negre nu sunt chiar așa de negre cum au fost descrise. Principiul de incertitudine din mecanica cuantică spune că particulele nu pot avea și o poziție și o viteză bine determinate. Cu cât poziția unei particule este mai bine determinată, cu atât mai puțin poate fi determinată viteza acesteia și viceversa. Dacă o particulă cade în gaura neagră, poziția ei este bine definită ca fiind în gaura neagră. Aceasta înseamnă că viteza ei nu poate fi definită exact. Este posibil deci ca viteza particulei să fie mai mare decât viteza luminii, ceea ce i-ar permite să scape din gaura neagră. O gaură neagră uriașă din centrul unei galaxii ar avea un diametru de milioane de mile. Va exista așadar o mare nedeterminare în poziția particulelor dinăuntru. Incertitudinea vitezei particulelor va fi deci mică, iar particulele vor avea nevoie de un timp foarte lung pentru a ieși din gaura neagră. Dar în cele din urmă tot va scăpa. O gaură neagră de mari dimensiuni din centrul unei galaxii ar avea nevoie de 10^{90} ani pentru a se evapora complet și a dispărea, adică de un timp egal cu unu, urmat de nouăzeci de cifre de zero. Acest timp este mult mai mare decât vârsta prezentă a universului, care este aproape de 10^{10} ani, unu urmat de zece cifre de zero. Va mai rămâne încă destul timp dacă universul este destinat să se extindă pentru totdeauna.

Viitorul unui univers care se extinde pentru totdeauna ar fi destul de plictisitor. Dar nu e deloc sigur că universul se va extinde veșnic. Nu avem dovezi sigure decât privind circa o zecime din densitatea necesară pentru ca universul să colapseze. Mai pot exista și alte feluri de materie neagră care nu au fost detectate încă și care ar putea ridica densitatea medie a universului până la valoarea critică sau deasupra acesteia. Masa adițională ar trebui să fie localizată în afara galaxiilor și a roiurilor de galaxii. Altfel, ea ar fi

fost deja observată prin efectul produs asupra rotației galaxiilor sau asupra mișcărilor galaxiilor în roiurile de galaxii.

De ce trebuie să ne punem problema dacă există destulă materie neagră în univers astfel încât să-i provoace în cele din urmă colapsul? De ce nu ne mulțumim totuși cu materia pentru care avem deja dovezi clare? Motivul este că, ajungând acum la numai o zecime din densitatea critică, alegerea densității inițiale și a vitezei de expansiune trebuie să fie incredibil de precisă. Astfel, dacă densitatea universului la o secundă după big bang ar fi fost mai mare cu numai unu la o mie de miliarde, universul ar fi colapsat doar după zece ani. Pe de altă parte, dacă în același moment densitatea ar fi fost mai mică în aceeași proporție, universul ar fi devenit în esență pustiu după împlinirea vârstei de zece ani.

Cum se face că densitatea inițială a universului a fost fixată atât de precis? Poate că există un anumit motiv pentru care universul trebuie să aibă exact densitatea critică. Par să existe două explicații posibile. Una constă în așa-numitul principiu antropic, care poate fi parafrazat astfel: Universul este așa cum este deoarece, dacă ar fi diferit, noi n-am fi prezenți aici ca să-l observăm. Ideea este că ar putea exista mai multe universuri diferite având densități diferite. Numai acele universuri care au densitatea foarte apropiată de valoarea critică au o viață destul de lungă și conțin destulă materie pentru ca să se poată forma stele și planete. Numai în acest fel de universuri pot exista ființe inteligente care să-și pună întrebarea de ce densitatea este atât de apropiată de densitatea critică? Dacă aceasta este explicația densității actuale a universului, atunci nu există motive pentru a presupune că universul ar conține mai multă materie decât s-a detectat până acum. A zecea parte din densitatea critică implică destulă masă pentru ca să se formeze din ea galaxii și stele.

Multora nu le place totuși principiul antropic, deoarece acesta pare să acorde prea multă importanță propriei

noastre existențe. S-a căutat deci o altă cauză pentru care valoarea densității se află atât de aproape de densitatea critică. Cercetările au condus la teoria inflației în universul timpuriu. Teoria susține că dimensiunile universului se dublau mereu, așa cum se întâmplă la fiecare câteva luni cu prețurile în țările supuse unei inflații galopante. Inflația universului trebuie să fi fost însă mult mai rapidă: o creștere cu un factor de cel puțin un miliard de miliarde de miliarde a inflației „normale" ar fi făcut ca universul să aibă o densitate atât de apropiată de densitatea critică, încât să rămână încă și astăzi apropiată de aceeași valoare. Așadar, dacă teoria inflației este corectă, universul trebuie să conțină destulă materie neagră ca să ridice densitatea până la valoarea critică. Aceasta înseamnă că universul va colapsa probabil în cele din urmă, dar nu peste mult mai mult timp de acum încolo decât intervalul de circa cincisprezece miliarde de ani care i-au fost necesari ca să se extindă.

Ce fel de materie ar trebui să fie materia neagră dacă teoria inflației este corectă? Materia neagră pare să fie diferită de materia normală de tipul aceleia din care sunt făcute stelele și planetele. Putem calcula cantitatea diferitelor elemente ușoare care au fost produse în timpul primelor trei minute ale perioadei timpurii fierbinți de după big bang. Cantitățile acestor elemente depind de cantitatea totală de materie obișnuită din univers. Se poate desena un grafic indicând pe axa verticală abundența elementelor ușoare și pe orizontală cantitatea totală de materie din univers. Dacă aceasta din urmă este circa o zecime din densitatea critică, se obține o bună concordanță cu abundența observată. S-ar putea ca aceste calcule să fie greșite, dar faptul că obținem realmente abundențele observate pentru mai multe elemente este impresionant.

Dacă există o densitate critică a materiei negre, candidații principali pentru aceasta sunt reziduurile stadiilor timpurii ale universului. O variantă reprezintă particulele

elementare. Există mai mulți candidați ipotetici, particule despre care credem că există, dar pe care încă nu le-am detectat. Cazul cel mai promițător este însă o particulă descoperită efectiv, neutrinul. Se credea că această particulă nu are masă proprie, dar câteva experimente recente par să arate că neutrinul poate avea o mică masă. Dacă faptele se confirmă, iar valoarea găsită pentru masa neutrinului este cea corectă, atunci neutrinii vor furniza destulă masă pentru a ridica densitatea universului până la valoarea critică.

O altă posibilitate o constituie găurile negre. Este posibil ca universul timpuriu să fi trecut printr-un fenomen numit tranziție de fază. Fierberea sau înghețarea apei sunt exemple de astfel de tranziții. În timpul tranziției de fază, într-un mediu aflat inițial într-o stare uniformă, ca apa, apar neregularități, care, în cazul apei, pot fi fulgi de gheață sau bule de vapori. Aceste neregularități pot colapsa, formând găuri negre. Dacă găurile negre au fost mici, ele s-ar fi evaporat până acum din cauza efectelor principiului de incertitudine din mecanica cuantică, așa cum s-a arătat mai înainte. Dar dacă aceste găuri negre au fost de câteva miliarde de tone (cât masa unui munte), ele s-ar afla și astăzi primprejur și ar fi foarte greu de detectat.

Singurul mod de a detecta materia neagră răspândită uniform în univers ar fi estimarea efectului ei asupra expansiunii universului. Măsurând viteza de deplasare a galaxiilor îndepărtate se poate determina cu cât se încetinește expansiunea. Să remarcăm că observațiile noastre actuale asupra galaxiilor se referă la trecutul îndepărtat, când lumina le-a părăsit, începându-și călătoria spre noi. Se poate desena un grafic al vitezei galaxiilor în funcție de strălucirea lor aparentă sau de magnitudine, care sunt măsuri ale distanței de la noi până la ele. Diferitele linii din grafic corespund diferitelor rate de încetinire a expansiunii. Un grafic care se curbează în sus corespunde unui univers care va colapsa. La prima vedere, observațiile par

să indice colapsul. Dar problema este că strălucirea aparentă a unei galaxii nu este un indicator bun pentru distanța până la ea. Nu numai că există o variație considerabilă în strălucirea intrinsecă a galaxiilor, dar mai sunt și indicii ale variației strălucirii acestora cu timpul. Deoarece nu știm cât de mult să atribuim evoluției strălucirii, nu știm încă să spunem care este rata de încetinire a expansiunii: dacă rata este destul de mare pentru a duce la colapsul universului, sau dacă universul va continua să se extindă veșnic. Așadar, va trebui să așteptăm până când vom dezvolta metode mai bune de măsurare a distanțelor la care se află galaxiile. Putem fi siguri însă că rata încetinirii nu este atât de mare încât universul să colapseze în următoarele câteva miliarde de ani.

Nici expansiunea veșnică, nici colapsul după o sută de miliarde de ani nu reprezintă perspective prea atrăgătoare. Există ceva de făcut pentru ca viitorul să fie mai interesant? O cale ar fi intrarea într-o gaură neagră. Ar trebui să fie o gaură neagră destul de mare, mai mare decât un milion de mase solare. Există o bună șansă ca în centrul galaxiei noastre să existe o gaură neagră atât de mare.

Nu suntem prea siguri ce se întâmplă într-o gaură neagră. Există soluții ale ecuațiilor relativității generale care permit căderea într-o gaură neagră și ieșirea printr-o gaură albă undeva, în altă parte. O gaură albă este inversul temporal al găurii negre. Este un obiect din care lucrurile ies, dar în care nu poate cădea nimic. Gaura neagră poate fi într-altă parte a universului, ceea ce ar părea să ofere o posibilitate călătoriei intergalactice rapide. Necazul este că s-ar putea să fie prea rapidă. Dacă voiajul printr-o gaură neagră ar fi posibil, nimic nu v-ar împiedica să ajungeți înapoi înaintea plecării. Ați putea face anumite lucruri, cum ar fi să vă ucideți mama, ceea ce v-ar împiedica să fiți prezent în locul de plecare.

Din fericire pentru noi (și pentru mamele noastre) se pare că legile fizicii nu permit o asemenea călătorie în timp.

Pare să existe o Agenție de Protecție a Cronologiei, care le face istoricilor viața mai ușoară, împiedicând călătoriile în trecut. Fenomenele care se petrec sunt efectul principiului de incertitudine, care face ca o dată cu călătoria în trecut să apară o mare cantitate de radiații. Radiațiile fie că vor deforma spațiul-timp atât de mult încât nu va fi posibil să se meargă înapoi în timp, fie că vor provoca un sfârșit al spațiului-timp printr-o singularitate ca marea explozie și marea prăbușire. Oricum, trecutul nostru va fi la adăpost de persoanele rău intenționate. Ipoteza protecției cronologiei este sprijinită de câteva calcule recente pe care le-am efectuat eu și alții. Dar cea mai bună dovadă că voiajul prin timp nu este și nici nu va fi vreodată posibil este faptul că nu am fost invadați de hoarde de turiști din viitor.

În rezumat, oamenii de știință cred că universul este guvernat de legi bine definite care în principiu permit prezicerea viitorului. Dar mișcarea dată de legi este deseori haotică. Aceasta înseamnă că o mică schimbare în situația inițială poate duce la o mărire rapidă a schimbării în comportarea ulterioară. Așadar, în practică, previziunea se poate face doar pentru un timp destul de scurt. Totuși, comportarea universului pe scară foarte mare pare să fie simplă și nu haotică. Se poate prin urmare prevedea dacă universul se va extinde pentru totdeauna, sau dacă în cele din urmă va colapsa. Variantele depind de densitatea actuală a universului. În realitate, densitatea observată apare ca foarte apropiată de valoarea densității critice care separă colapsul de expansiunea nesfârșită. Dacă teoria inflației este corectă, universul este în momentul de față pe muchie de cuțit. Așa se face că rămân în tradiția bine statornicită a oracolelor și a profeților pariind pe ambele cazuri.

14

UN INTERVIU: *DISCURI PE O INSULĂ PUSTIE*

Emisiunea BBC Discuri pe o insulă pustie *a fost difuzată pentru prima oară în 1942 și reprezintă cel mai vechi serial radiofonic de până acum. El a devenit un fel de instituție națională. De-a lungul anilor, numărul invitaților a fost enorm. În cadrul programului au fost intervievați scriitori, actori de teatru, muzicieni, actori și regizori de cinema, campioni, comici, bucătari, grădinari, învățători, dansatori, politicieni, membri ai familiei regale, caricaturiști și oameni de știință. Invitaților, considerați totdeauna ca niște naufragiați, li se cere să-și aleagă opt discuri pe care le-ar lua cu ei dacă ar fi abandonați singuri pe o insulă pustie. Li se mai cere să aleagă un obiect de lux (neînsuflețit) și o carte care să-i însoțească (se presupune că un text religios adecvat — Biblia, Coranul, ori o carte analogă — se află acolo, împreună cu operele lui Shakespeare). Se consideră că mai există și aparatele pentru ascultarea discurilor; anunțurile mai vechi din introducerea programului sunau cam așa: „...presupunând că acolo se află un gramofon și o provizie inepuizabilă de ace". Astăzi, aparatul necesar audiției existent pe insulă ar fi un lector CD cu celule solare.*

Programul este difuzat săptămânal, iar discurile alese de oaspete sunt transmise în timpul interviului, care, de obicei, durează patruzeci de minute. Totuși, acest interviu cu Stephen Hawking, transmis în ziua de Crăciun a anului 1992, a fost o excepție și a durat mai mult.

Interviul este luat de Sue Lawley.

SUE: În mai multe feluri, Stephen, ești deja familiar cu izolarea pe o insulă pustie, privat de o viață fizică normală

și lipsit de orice mijloc natural de comunicare. Cât de singur te simți?

STEPHEN: Eu nu mă consider privat de o viață normală și nu cred că oamenii din jurul meu ar afirma așa ceva. Nu mă simt ca un handicapat, ci doar ca o persoană cu anumite disfuncționalități ale neuronilor motorii, ca și când aș fi daltonist. Presupun că viața mea poate cu greu fi descrisă ca una normală, dar eu o simt ca pe una normală în cuget.

SUE: Totuși, spre deosebire de cei mai mulți dintre abandonații de pe insulă, ți-ai dovedit deja ție însuți că ești mental și intelectual de sine stătător, că ai destule teorii și destulă inspirație ca să te menții mereu ocupat.

STEPHEN: Presupun că sunt — în mod firesc — oarecum introvertit; dificultățile de a comunica m-au obligat să mă bazez pe mine însumi. Dar în copilărie am fost foarte vorbăreț. Aveam nevoie să discut cu ceilalți ca să mă stimulez. Îmi este de mare ajutor în muncă să descriu altora ideile mele. Chiar dacă ei nu-mi oferă nici un fel de sugestie, faptul însuși de a-mi fi organizat astfel gândurile încât să le pot explica altora îmi arată deseori un drum nou de urmat.

SUE: Dar ce ne poți spune despre împlinirea sufletească, Stephen? Până și un fizician strălucit ca tine are nevoie de alți oameni pentru a ajunge la ea.

STEPHEN: Fizica este foarte bună, dar este complet indiferentă. N-aș fi putut trăi doar cu fizica. La fel ca toți ceilalți, am nevoie de căldură, iubire și afecțiune. Din nou sunt norocos, mult mai norocos decât mulți oameni cu aceleași deficiențe, deoarece mă bucur de multă iubire și afecțiune. Și muzica este foarte importantă pentru mine.

SUE: Spune-mi, ce îți place mai mult, fizica sau muzica?

STEPHEN: Trebuie să spun că plăcerea pe care am resimțit-o atunci când totul merge bine în fizică este mult mai

intensă decât am încercat-o vreodată cu muzica. Dar lucrurile ies bine numai de puține ori în cariera cuiva, în timp ce un disc se poate pune ori de câte ori dorești.

SUE: Și care ar fi primul disc pus pe insula pustie?

STEPHEN: *Gloria* lui Poulenc. Am auzit-o pentru prima oară în vara trecută la Aspen, în Colorado. Aspen este mai întâi de toate o stațiune de schi, dar vara se țin acolo conferințe de fizică. Alături de centrul de fizică se află un cort imens unde are loc un festival de muzică. În timp ce calculezi ce se întâmplă atunci când o gaură neagră se evaporă, poți auzi repetițiile. Este ideal; se combină cele două plăceri, fizica și muzica. Dacă le-aș putea avea pe amândouă pe insula pustie, n-aș mai dori să fiu salvat. În orice caz, nu înainte de a face o descoperire în fizica teoretică, pe care aș dori să o comunic tuturor. Presupun că o antenă pentru satelit, prin care să transmit articole de fizică folosind poșta electronică ar fi împotriva regulilor.

SUE: Radioul poate ascunde neajunsurile fizice, dar în cazul de față el disimulează altceva. Cu șapte ani în urmă, Stephen, ți-ai pierdut literalmente vocea. Poți să-mi spui ce s-a întâmplat?

STEPHEN: Eram la Geneva, la CERN, unde este marele accelerator de particule, în vara lui 1985. Intenționam să merg la Bayreuth, în Germania, ca să ascult ciclul *Inelul Niebelungului* al lui Wagner. Am făcut o pneumonie și am fost internat de urgență la spital. Cei de la spitalul din Geneva i-au spus soției că nu are rost să mă mai țină artificial în viață, dar ea nu a vrut să audă de așa ceva. Am fost transportat pe calea aerului la spitalul Addenbrookes de la Cambridge, unde un chirurg pe nume Roger Gray mi-a făcut traheotomie. Operația mi-a salvat viața, dar mi-a răpit vocea.

SUE: Dar vorbirea îți era și până atunci greu inteligibilă, nu-i așa? Probabil că până la urmă tot ți-ai fi pierdut vocea.

STEPHEN: Deși vocea mea era greu de deslușit, cei care îmi erau apropiați mă puteau totuși înțelege. Puteam ține seminarii prin interpret și-mi puteam dicta lucrările științifice. Dar o perioadă după operație am fost distrus. Simțeam că fără să-mi recapăt vocea nu mai merita să trăiesc.

SUE: Atunci, un expert californian în computere a citit despre necazul tău și ți-a trimis o voce. Cum funcționează?

STEPHEN: Numele său este Walt Woltosz. Soacra lui a avut aceleași probleme ca mine, așa că el a alcătuit un program pe calculator ca să o ajute să comunice. De-a lungul ecranului se mișcă un cursor. Când acesta ajunge la opțiunea dorită, pornești un contact mișcând din cap sau din ochi, sau, în cazul meu, cu mâna. În acest fel, se pot selecta cuvintele afișate pe partea de jos a ecranului. După ce ai compus astfel comunicarea, aceasta poate fi trimisă la un sintetizator de vorbire sau salvată pe disc.

SUE: Treaba merge însă încet.

STEPHEN: Încet, aproape de zece ori mai încet decât vorbirea normală. Dar sintetizatorul de voce este mult mai clar decât era vorbirea mea. Britanicii îi descriu accentul ca fiind american, iar americanii spun că este scandinav sau irlandez. Oricare ar fi accentul, toată lumea îl înțelege. Copiii mei mai mari s-au adaptat la vocea mea pe măsură ce se înrăutățea, dar fiul cel mai mic, care avea doar șase ani când mi s-a făcut traheotomia, nu m-a putut înțelege niciodată. Acum, el nu are probleme. Aceasta înseamnă foarte mult pentru mine.

SUE: Aceasta înseamnă că poți cere dinainte întrebările și că, atunci când ești gata, nu trebuie decât să dai răspunsurile?

STEPHEN: Pentru programele lungi, înregistrate ca acesta, mă ajută să am întrebările scrise dinainte, astfel că nu este nevoie să folosesc ore și ore de înregistrări. Într-un fel, am mai mult control. Dar, în realitate, prefer să răspund

direct la întrebări. Fac asta după seminarii și lecții de popularizare.

SUE: Dar, așa cum spui, procedeul îți oferă posibilitatea controlului, iar eu știu că acesta este important pentru tine. Familia și prietenii te consideră încăpățânat sau despotic. Îți recunoști vina?

STEPHEN: Orice om inteligent este considerat din când în când încăpățânat. Eu prefer să spun că sunt un om hotărât. Dacă n-aș fi fost un om foarte hotărât, n-aș fi fost acum aici.

SUE: Ai fost așa totdeauna?

STEPHEN: Vreau doar să am un anumit grad de control asupra vieții mele, cum au ceilalți. Mult prea des, persoanele handicapate au viața impusă de alții. Nici o persoană validă nu s-ar resemna cu așa ceva.

SUE: Să trecem la cel de-al doilea disc.

STEPHEN: Concertul pentru vioară de Brahms. Acesta a fost primul disc long play pe care l-am cumpărat. Era în 1957, și discurile de 33 de turații pe minut abia apăruseră în Marea Britanie. Tatăl meu ar fi privit cumpărarea unui picup ca pe o nesăbuință, dar l-am convins că pot asambla unul din piese ieftine. Ca unul născut în Yorkshire, i-a plăcut ideea. Am așezat platanul și amplificatorul în cutia unui vechi gramofon cu turația de 78. Dacă l-aș fi păstrat, acum ar fi fost foarte valoros.

O dată construit, picupul avea nevoie de un disc. Un coleg mi-a sugerat concertul de vioară al lui Brahms, deoarece nimeni din cercul nostru de la școală nu-l avea. Îmi amintesc că a costat treizeci și cinci de șilingi, ceea ce pe atunci era mult, mai ales pentru mine. Prețurile discurilor au crescut, dar ele reprezintă astăzi mult mai puțin în termeni reali.

Când am auzit prima oară discul în magazin, mi s-a părut că sună cam ciudat și nu am fost sigur că-mi place,

dar am considerat necesar să spun că da. Totuși, peste ani, discul a căpătat o mare importanță pentru mine. Aș dori să pun începutul mișcării lente.

SUE: Un vechi prieten de familie a spus că, pe vremea când erai un băiețel, familia voastră era — citez: „foarte inteligentă, foarte isteață și foarte excentrică". Retrospectiv, crezi că este o descriere corectă?

STEPHEN: Nu pot comenta dacă ai mei erau foarte inteligenți, dar cu siguranță că nu ne simțeam excentrici. Totuși, presupun că puteam fi priviți astfel față de standardul din St. Alban, care era un loc destul de așezat pe vremea când locuiam acolo.

SUE: Iar tatăl tău a fost specialist în boli tropicale.

STEPHEN: Tatăl meu făcea cercetări în domeniul maladiilor tropicale. El călătorea deseori în Africa pentru a testa acolo noi medicamente.

SUE: Așadar, mai multă influență asupra ta a avut mama, iar dacă este așa, cum i-ai caracteriza influența?

STEPHEN: Nu, aș spune că tatăl meu a avut o influență mai mare. M-am modelat după el. Deoarece tata era cercetător, am simțit că cercetarea științifică era profesia firească de urmat când voi fi crescut mare. Singura diferență a fost că nu m-a atras medicina sau biologia, deoarece ele îmi păreau prea inexacte și descriptive. Eu doream ceva fundamental și l-am găsit în fizică.

SUE: După spusele mamei tale, ai avut totdeauna calitatea descrisă drept capacitatea de a te mira. „Pot vedea cum îl atrag stelele", a spus ea. Îți amintești?

STEPHEN: Îmi amintesc cum m-am întors odată noaptea târziu de la Londra. În acel timp, iluminatul public era oprit la miezul nopții pentru economie. Am văzut atunci cerul nocturn așa ca niciodată, cu Calea Lactee drept de-a curmezișul. Pe insula mea pustie nu vor fi deloc felinare, astfel că voi vedea bine stelele.

Sue: Desigur că ai fost strălucit în copilărie, ți-a plăcut mult să te joci acasă cu surioara, dar la școală erai practic în coada clasei și nu-ți prea păsa de asta, nu-i așa?

Stephen: Aceasta s-a întâmplat în primul meu an de la școala din St. Alban. Dar trebuie să spun că era o clasă foarte bună și că eram mult mai bun la examene decât în clasă. Eram sigur că pot mai mult în realitate — de vină erau scrisul meu de mână și dezordinea care mă plasau atât de jos.

Sue: Al treilea disc?

Stephen: La începutul studenției de la Oxford am citit romanul lui Aldous Huxley, *Contrapunct*. Cartea se dorea un portret al anilor treizeci și avea un număr imens de personaje. Multe dintre ele erau mai degrabă din carton, dar era unul mai uman, modelat evident după Huxley însuși. Acest personaj îl ucide pe liderul fasciștilor britanici, figură inspirată de sir Oswald Mosley. El își dezvăluie partidului fapta și își pune la gramofon Cvartetul de coarde opus 132 al lui Beethoven. La mijlocul celei de-a treia mișcări, deschide ușa și este împușcat de fasciști.

Este un roman cu adevărat slab, dar Huxley are dreptate în alegerea muzicii. Dacă aș ști că fluxul oceanului este pe cale să-mi acopere insula pustie, mi-aș pune discul cu mișcarea a treia a cvartetului.

Sue: Te-ai dus la University College de la Oxford, ca să înveți matematica și fizica. După cum ai calculat tu însuți, n-ai învățat, în medie, mai mult de o oră pe zi. Ar mai fi totuși de spus că ai practicat canotajul, ai băut bere și ai făcut — cu o anumită plăcere — glume proaste pe seama unor colegi, după cum am citit. Care era problema? De ce nu ți-ai bătut capul cu munca?

Stephen: Era la sfârșitul anilor cincizeci, iar cei mai mulți tineri erau deziluzionați de societate. Nu părea să se întrezărească la orizont nimic altceva decât îndestulare și iar

îndestulare. Conservatorii tocmai învinseseră pentru a treia oară în alegeri cu lozinca „Nu v-a fost niciodată atât de bine". Eu și cei mai mulți dintre contemporanii mei eram plictisiți de viață.

Sue: Totuși, reușeai să rezolvi în câteva ore probleme pe care colegii reușeau să le rezolve abia în câteva săptămâni. După câte au povestit de atunci, *ei* erau în mod clar conștienți de talentul tău excepțional. Crezi că erai și tu conștient?

Stephen: Cursul de fizică de la Oxford era pe vremea aceea ridicol de ușor. Se putea parcurge fără să mergi la vreun curs, numai frecventând unul sau două seminarii pe săptămână. Nu trebuia să memorezi multe fapte, ci numai câteva ecuații.

Sue: Dar la Oxford, nu-i așa, ai observat pentru prima oară că mâinile și picioarele nu răspundeau exact comenzilor. Cum ți-ai explicat pe moment acest lucru?

Stephen: De fapt, ceea ce am observat la început a fost că nu pot vâsli cum trebuie. Pe urmă, am căzut rău pe scări în căminul bobocilor. M-am dus la doctorul colegiului după căzătură, deoarece mi-a fost frică să nu fi pățit ceva la creier, dar doctorul a considerat că nu este nimic serios și mi-a spus să o mai las cu berea. După examenele finale de la Oxford, am plecat vara în Persia. Mă simțeam în mod clar mai slăbit la întoarcere, dar am crezut că mi se trage de la un deranjament puternic la stomac.

Sue: Dar când anume te-ai dat bătut și ai admis că era vorba cu adevărat despre ceva rău și ai decis să-ți faci un consult medical?

Stephen: Eram la Cambridge și am venit acasă de Crăciun. Era în timpul iernii grele din '62–'63. Mama m-a convins să merg la patinaj pe lacul din St. Alban, în pofida faptului că nu mă simțeam realmente în stare. Am căzut și mi-a fost foarte greu să mă ridic. Mama a înțeles că e ceva în neregulă și m-a dus la doctorul de familie.

SUE: Și pe urmă, după trei săptămâni petrecute în spital, ți-au spus vestea cea rea?

STEPHEN: Eram internat la spitalul Barts din Londra, deoarece tata ținea de acest spital. Stăteam acolo de două săptămâni pentru analize, dar doctorii nu-mi spuneau nimic despre ceva care ar fi fost grav, cu excepția faptului că nu este vorba despre scleroza multiplă și că nu este un caz tipic. Ei nu mi-au spus ce perspective aveam, dar eu am ghicit suficient cât să înțeleg că sunt destul de sumbre, astfel că nu voiam să-i întreb.

SUE: Și, la sfârșit, ți-au spus că mai aveai numai vreo doi ani de trăit. Să întrerupem, Stephen, povestirea și să alegem discul următor.

STEPHEN: *Walkiria*, actul întâi. Este vorba despre un alt disc LP, cu Melchior și Lehmann. La origine, a fost înregistrat pe discuri de 78 de turații înainte de război și transferat pe un LP la începutul anilor șaizeci. După ce am fost diagnosticat cu maladia neuro-motorie în 1963, m-am fixat la Wagner, ca unul care corespundea dispoziției sumbre și apocaliptice în care mă aflam. Din nefericire, sintetizatorul meu de vorbire nu este prea bine educat și pronunță numele compozitorului cu W ca în engleză. Trebuie să bat V-A-G-N-E-R ca să-l fac să sune aproximativ corect.

Cele patru opere din ciclul *Inelului* reprezintă cea mai importantă creație a lui Wagner. M-am dus la Bayreuth, în Germania, cu sora mea, Philippa, în 1964, ca să le văd. Nu știam pe atunci bine *Inelul*, iar *Walkiria*, a doua operă din ciclu, mi-a produs o impresie formidabilă. A fost regizată de Wolfgang Wagner și scena era aproape întunecată. Este istoria iubirii dintre doi gemeni, Siegmund și Sieglinde, care au fost despărțiți din copilărie. Ei se reîntâlnesc atunci când Siegmund își găsește adăpost în casa lui Hunding, soțul Sieglindei și inamicul lui Siegmund. Fragmentul pe care l-am ales este povestirea Sieglindei despre căsătoria ei forțată cu Hunding. În mijlocul sărbătorii, un

bătrân pătrunde în sală. Orchestra interpretează tema Walhallei, unul dintre cele mai nobile din motivele *Inelului*. Bătrânul este însuși Wotan, zeul suprem și tatăl lui Siegmund și al Sieglindei. El își înfige spada într-un trunchi de copac. Spada este destinată lui Siegmund. La sfârșitul actului, Siegmund o smulge din trunchi și cei doi fug în codru.

SUE: Citind despre tine, Stephen, lucrurile apar ca și când, luând cunoștință de condamnarea ta la moarte care îți lăsa numai doi ani de trăit, te-ai trezit, sau, dacă vrei, vestea aceasta te-a făcut să te concentrezi asupra vieții.

STEPHEN: Primul efect pe care l-am resimțit a fost deprimarea. Se părea că starea mea se înrăutățea rapid. Nu avea nici un sens să întreprind ceva sau să lucrez pentru doctorat, deoarece nu știam dacă voi trăi destul ca să-l termin. Dar, după un timp, lucrurile au început să se îmbunătățească. Boala a avansat mai încet, iar eu am început să progresez în lucrarea mea, în special în demonstrarea faptului că universul trebuie să fi avut un început reprezentat de marea explozie.

SUE: Ai afirmat într-un interviu chiar că ești aparent mai fericit acum decât înainte de îmbolnăvire.

STEPHEN: Sunt, desigur, mai fericit acum. Înainte de a contracta maladia neuro-motorie, eram plictisit de viață. Dar perspectiva unei morți timpurii m-a făcut să înțeleg că viața merită să fie trăită. Sunt atâtea lucruri de făcut, atât de multe, că nimeni nu poate să le facă pe toate. Încerc un simțământ adevărat de împlinire pentru că am reușit să aduc o contribuție modestă dar semnificativă la cunoașterea umană, în pofida condiției mele. Desigur că sunt foarte norocos, dar oricine poate realiza ceva dacă se străduiește destul.

SUE: Mergi atât de departe încât să spui că s-ar fi putut să nu realizezi toate acestea dacă n-ai fi avut maladia neuro-motorie, ori acest punct de vedere este prea simplist?

Stephen: Nu, eu nu cred că maladia neuro-motorie poate constitui vreun avantaj pentru cineva. Pentru mine boala a fost un dezavantaj mai mic decât pentru alții, deoarece nu m-a putut împiedica să fac ceea ce am dorit, adică să înțeleg cum funcționează universul.

Sue: Cealaltă sursă de inspirație, apărută atunci când încercai să te împaci cu ideea bolii, a fost o femeie tânără, Jane Wilde, pe care ai întâlnit-o la o petrecere, de care te-ai îndrăgostit și cu care te-ai căsătorit apoi. Ne poți spune cât din succesul tău i se datorează ei?

Stephen: Cu siguranță că nu m-aș fi descurcat fără Jane. Fiind logodit cu ea, m-am ridicat din abisul deznădejdii în care mă aflam. Iar dacă urma să ne căsătorim, atunci trebuia să-mi găsesc un loc de muncă și să-mi termin doctoratul. Am început să lucrez serios și am descoperit că-mi place. Jane m-a îngrijit de una singură, pe măsură ce situația mea se înrăutățea. În acel stadiu nu ne ajuta nimeni, iar noi nu ne puteam, desigur, permite un ajutor contra cost.

Sue: Și astfel i-ați sfidat împreună pe doctori, nu numai deoarece ai continuat să trăiești, ci și datorită faptului că ați avut copii. Robert s-a născut în 1967, Lucy în 1970, apoi Timothy în 1979. Cât de șocați au fost doctorii?

Stephen: De fapt, doctorul care mi-a pus diagnosticul s-a spălat pe mâini. El era încredințat că nu se putea face nimic. Nici nu l-am mai văzut vreodată după diagnosticul inițial. De fapt, tatăl meu a devenit și doctorul meu și el era cel căruia mă adresam pentru sfaturi. El mi-a spus că nu existau dovezi care să susțină caracterul ereditar al bolii. Jane a reușit să-i îngrijească pe cei doi copii și pe mine. Numai atunci când am plecat în California, în anul 1974, a trebuit să apelăm la ajutor din afară, mai întâi de la un student care a locuit cu noi, apoi de la infirmiere.

Sue: Dar acum nu mai sunteți împreună.

Stephen: După operația mea de traheotomie, am avut nevoie de îngrijire continuă, zi și noapte. Acest fapt supunea

căsătoria noastră la o presiune tot mai mare. În cele din urmă, m-am mutat, iar acum locuiesc într-un apartament nou în Cambridge. Trăim separat.

Sue: Să mai punem ceva muzică.

Stephen: „Please, Please Me", melodia interpretată de grupul Beatles. După primele patru bucăți mai serioase, aș avea nevoie de ceva relaxare. Pentru mine și pentru mulți alții, grupul Beatles a apărut ca o adiere de aer proaspăt pe scena destul de stătută și maladivă a muzicii pop. Obișnuiam să ascult topul douăzeci de la Radio Luxemburg duminică seara.

Sue: În pofida onorurilor care te-au copleșit pe tine, Stephen Hawking — și aici trebuie să menționez că ești profesor Lucasian de matematică la Universitatea din Cambridge, fosta catedră a lui Isaac Newton — te-ai decis să scrii o carte de popularizare despre activitatea ta, dintr-un motiv destul de simplu. Cred că aveai nevoie de bani.

Stephen: Deși am sperat că voi câștiga o sumă modestă dintr-o carte de popularizare, principala rațiune pentru care am scris *Scurtă istorie a timpului* a fost plăcerea de a scrie. Eram entuziasmat de descoperirile făcute în ultimii douăzeci și cinci de ani și doream să le povestesc oamenilor despre ele. Nu m-am așteptat niciodată să iasă așa de bine.

Sue: Într-adevăr, cartea a spulberat toate recordurile, a intrat și a rămas în *Guinness Book of Records* pentru durata prezenței ei pe lista celor mai vândute cărți. Nimeni nu știe câte exemplare au fost vândute în toată lumea, dar este sigur că s-au depășit zece milioane. Oamenii o cumpără, e evident, dar se ridică mereu întrebarea dacă o și citesc.

Stephen: Știu că Bernard Levin s-a împotmolit la pagina douăzeci și nouă, dar cunosc o mulțime de cititori care au mers mai departe. Vin la mine oameni din toată lumea

și îmi spun cât de mult le-a plăcut. Poate că nu au terminat-o, sau nu au înțeles chiar tot ce au citit. Ei au ajuns însă cel puțin la ideea că trăim într-un univers guvernat de legi raționale pe care le putem descoperi și înțelege.

SUE: Conceptul de gaură neagră a stimulat imaginația publicului și a reînnoit interesul pentru cosmologie. Ai urmărit vreodată episoadele din *Star Trecks* cu deviza „a merge cu îndrăzneală acolo unde n-a ajuns nimeni până acum" etc. Și dacă da, ți-au plăcut?

STEPHEN: Am citit multă literatură SF când eram adolescent. Dar acum, când lucrez în domeniu, găsesc cea mai mare parte din ea cam facilă. Este atât de ușor să scrii despre hiperspațiul care îi conduce sau transportă pe oameni, dacă nu trebuie să faci din această descriere o parte a unui tablou consistent. Știința adevărată este mult mai captivantă, deoarece ea descrie ceea ce se întâmplă în realitate. Autorii de SF nu au sugerat niciodată existența găurilor negre înainte ca fizicienii să se fi gândit la ele. Dar noi avem acum dovezi serioase privind existența unui anumit număr de găuri negre.

SUE: Ce i se întâmplă celui care cade într-o gaură neagră?

STEPHEN: Oricine citește literatură SF știe ce ți se întâmplă atunci când cazi într-o gaură neagră. Te transformi în spaghetti. Dar, ceea ce este mult mai interesant, găurile negre nu sunt complet negre. Ele emit în afară particule și radiații cu un debit susținut. Acest fenomen provoacă evaporarea lentă a găurii negre. Nu se știe însă ce se întâmplă cu gaura neagră și cu conținutul ei. Acesta este un domeniu pasionant de cercetare, dar scriitorii SF nu l-au captat încă.

SUE: Și această radiație pe care ai menționat-o, se numește, desigur, radiație Hawking. Nu dumneata ai descoperit găurile negre, deși ai mers mai departe, demonstrând că ele nu sunt negre. Dar descoperirea acestor găuri te-a

făcut să te preocupi mai îndeaproape de originile universului, nu-i așa?

STEPHEN: Colapsul unei stele care dă naștere unei găuri negre este în multe privințe ca reversia temporală a expansiunii universului. O stea colapsează de la o densitate destul de joasă la una foarte înaltă. Iar universul se extinde începând de la o densitate foarte înaltă către densități mai mici. Există și o diferență importantă. Noi ne aflăm în afara găurilor negre, dar în interiorul universului. Ambele se caracterizează însă prin radiație termică.

SUE: Spui că nu se știe ce se întâmplă în cele din urmă cu gaura neagră și cu conținutul acesteia. Teoria susține deci că orice s-ar întâmpla, orice obiect ar dispărea în gaura neagră, inclusiv un astronaut, totul s-ar recicla sub formă de radiație Hawking.

STEPHEN: Energia corespunzătoare masei astronautului va fi reciclată ca radiație emisă de gaura neagră. Dar nici astronautul însuși, nici măcar particulele din care este el alcătuit nu vor ieși din gaura neagră. Așadar, întrebarea este ce se întâmplă cu ele? Se distruge totul, sau trece într-un alt univers? Este ceva ce mi-aș dori foarte mult să aflu, dar nu mă văd aruncându-mă într-o gaură neagră.

SUE: Stephen, lucrezi intuitiv, adică ajungi la o teorie care îți place și care te atrage și apoi treci la demonstrarea ei? Or, ca om de știință, trebuie totdeauna să-ți croiești drum pe cale logică spre o concluzie și nu te încumeți să o ghicești dinainte?

STEPHEN: Mă bazez în mare parte pe intuiție. Încerc să ghicesc un rezultat, dar apoi trebuie să-l demonstrez. Iar în acest stadiu descopăr deseori că ceea ce am crezut nu este adevărat, sau că este vorba despre altceva, la care nici nu m-am gândit înainte. Așa am descoperit că găurile negre nu sunt complet negre. Atunci doream să demonstrez altceva.

Sue: Să mai ascultăm muzică.

Stephen: Mozart a fost totdeauna unul dintre favoriții mei. El a compus o cantitate incredibilă de muzică. Anul acesta, de ziua mea, când am împlinit cincizeci de ani, am primit cadou opera sa completă pe CD, cu o durată de peste două sute de ore. Încă mai am de croit drum prin ea. Una dintre cele mai mărețe compoziții este *Requiemul*. Mozart a murit înainte de a-l termina, *Requiemul* fiind completat de unul dintre elevii săi, din fragmentele rămase de la maestru. Introducerea pe care o vom asculta este singura parte complet scrisă și orchestrată de Mozart.

Sue: Ca să simplific mult teoriile tale — și sper că mă vei ierta pentru asta — mai întâi ai crezut, așa cum înțeleg eu lucrurile, că a existat un moment al creației, o mare explozie, dar nu mai crezi așa ceva. Acum consideri că nu a existat nici început și că nu există nici sfârșit, universul fiind autoconsistent. Înseamnă aceasta că actul creației nu s-a petrecut și că, prin urmare, nu există loc pentru Dumnezeu?

Stephen: Desigur că ai suprasimplificat lucrurile. Eu încă mai cred că universul are un început în timpul real, prin big bang. Dar mai există și un alt fel de timp, timpul imaginar, perpendicular pe timpul real, în care universul nu are început sau sfârșit. Aceasta înseamnă că modul în care a început universul este determinat de legile fizicii. În consecință, nu se impune să spunem că Dumnezeu a pus universul în mișcare într-un mod oarecare, arbitrar, pe care nu-l putem înțelege. Teoria nu ne spune dacă Dumnezeu există sau nu, ci numai că El nu este arbitrar.

Sue: Dar, dacă rămâne ca o posibilitate ca Dumnezeu să nu existe, cum îți explici acele lucruri care sunt dincolo de știință: iubirea și credința pe care au manifestat-o și o manifestă față de tine oamenii? Cum îți explici propria inspirație?

Stephen: Iubirea, credința și moralitatea țin de o categorie diferită de aceea a fizicii. Din legile fizicii nu poți deduce comportarea cuiva. Există însă speranța ca gândirea logică pe care o implică matematica și fizica să poată servi drept ghid și în comportarea morală.

Sue: Mulți oameni cred că te-ai dispensat efectiv de Dumnezeu. Negi acest fapt?

Stephen: După cum arată lucrările mele, nu este necesar să afirmi că modul în care s-a creat lumea a fost un capriciu personal al lui Dumnezeu. Rămâne însă o întrebare: De ce își dă singur bătaie de cap universul să existe? Dacă-ți place, îl poți indica pe Dumnezeu drept răspuns la această întrebare.

Sue: Să trecem la discul numărul șapte.

Stephen: Îmi place foarte mult opera. M-am gândit să-mi aleg toate cele opt discuri cu muzică de operă, de la Gluck și Mozart, trecând prin Wagner și ajungând la Verdi și Puccini. Dar la sfârșit, le-am redus la două. Un disc trebuie să fie Wagner, iar celălalt am decis în cele din urmă să fie Puccini. *Turandot* este de departe cea mai importantă operă a sa, dar și în acest caz autorul a murit înainte de a o termina. Fragmentul pe care l-am ales este povestirea lui Turandot cum o prințesă din China antică a fost răpită de mongoli și dusă departe. Ca răzbunare, Turandot le va pune pețitorilor acesteia trei întrebări. Dacă ei nu vor răspunde, vor fi executați.

Sue: Ce înseamnă pentru tine Crăciunul?

Stephen: Este un pic asemănător cu Ziua Recunoștinței din America, un moment în care să fii împreună cu familia și să mulțumești pentru anul care trece. Este de asemenea momentul să privești către anul care vine, simbolizat prin copilul care se naște în iesle.

Sue: Și, ca să fiu materialistă în această privință, ce cadouri ți-ai dori — ori astăzi ești atât de bogat că ai tot ce vrei?

STEPHEN: Prefer surprizele. Dacă pretinzi ceva anume, îi răpești aducătorului orice libertate sau ocazie de a-și folosi imaginația. Dar nu am nimic împotrivă să se știe că îmi plac trufele de ciocolată.

SUE: Până acum, Stephen, ai trăit cu treizeci de ani mai mult decât ți s-a prezis. Ai copii, deși ți s-a spus că nu vei avea niciodată, ai scris un bestseller și ai modificat opinii seculare despre spațiu și timp. Ce mai ai da gând să faci înainte de a părăsi această planetă?

STEPHEN: Toate acestea au fost posibile numai pentru că am fost atât de norocos ca să primesc mult ajutor. Sunt încântat de cât am realizat, dar mai există încă o grămadă de lucruri pe care aș dori să le fac înainte de a trece pe cea lume. Nu voi vorbi despre viața mea personală, dar din punct de vedere științific mi-ar plăcea să știu cum trebuie să se unifice gravitația cu mecanica cuantică și cu celelalte forțe din natură. În special, aș dori să știu ce se întâmplă cu gaura neagră atunci când se evaporă.

SUE: Acum, ultimul disc.

STEPHEN: Te voi ruga să pronunți în locul meu titlul. Sintetizatorul meu de vorbire este american și n-are nici o șansă pentru franceză. Este șansoneta lui Edit Piaf *Je ne regrette rien*. Îmi rezumă viața.

SUE: Acum, Stephen, dacă ai putea lua numai un singur disc din cele opt, care ar fi acesta?

STEPHEN: Ar trebui să fie *Requiemul* lui Mozart. Aș putea să-l ascult până când bateriile walkmanului meu se epuizează.

SUE: Și cartea? Desigur, Biblia și Operele complete ale lui Shakespeare te așteaptă.

STEPHEN: Cred că aș lua *Midlemarch* de George Elliot. Cineva, mi se pare că Virginia Woolf, a spus că este o carte pentru adulți. Nu sunt sigur dacă am crescut destul, dar voi încerca-o.

SUE: Și răsfățul?

STEPHEN: Voi cere o provizie generoasă de cremă de zahăr ars. Pentru mine aceasta reprezintă culmea răsfățului.

SUE: Nu trufele de ciocolată deci, ci crema de zahăr ars. Doctore Stephen Hawking, îți mulțumesc foarte mult pentru că ne-ai permis să-ți ascultăm discurile de pe insula pustie și-ți urăm un Crăciun fericit.

STEPHEN: Mulțumesc pentru că m-ați ales. Vă doresc tuturor un Crăciun fericit de aici, de pe insula mea pustie. Pariez că voi avea o vreme mai bună decât voi.

CUPRINS

Redactor
VLAD ZOGRAFI

Tehnoredactor
MANUELA MĂXINEANU

Corector
ELENA STUPARU

Apărut 2007
BUCUREȘTI–ROMÂNIA

Tiparul executat la „UNIVERSUL" S.A.

STEPHEN HAWKING este fizicianul de excepție care, imobilizat într-un cărucior, suferind din tinerețe de sindromul lateral amiotrofic, ține legătura cu lumea printr-un calculator care „vorbește" în locul lui. Ceea ce nu-l împiedică să se afle, prin studiile sale, în avangarda cercetărilor privind spațiul, timpul, originea universului și particulele elementare. Marele succes al cărților sale de popularizare *Scurtă istorie a timpului* și *Universul într-o coajă de nucă* a schimbat perspectiva publicului asupra întrebărilor esențiale ale fizicii. Volumul de față, superbă lecție de gândire creatoare, conține deopotrivă pagini autobiografice și eseuri științifice. Cartea se încheie cu un interviu al cărui punct de pornire e muzica: ce discuri ar lua Hawking cu el pe o insulă pustie?...



ISBN 978-973-50-1752-1

